

## Медное и полиметаллическое оруденение Приколымского террейна и его генетическая типизация

А. Н. Глухов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,  
685000, г. Магадан, ул. Портовая, 16, e-mail: gluhov76@list.ru

Поступила в редакцию 15.03.2018 г., принята к печати 29.12.2018 г.

*Объект исследования.* Приколымский террейн на Северо-Востоке Азии представляет собой чешуйчато-надвиговую структуру длительного развития. В его пределах известны рудопроявления Cu, Pb и Zn различных генетических типов. *Материалы и методы.* Рудопроявления изучались в ходе научно-исследовательских и геологоразведочных работ в 2007–2012 гг. Содержания химических элементов определялись методом ICP-OES в лаборатории “Стюарт Геокемикл энд Эссей” (г. Москва). Микронзондовый анализ минералов производился в СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан) на рентгеновском микроанализаторе Camebax. Измерение изотопных соотношений серы сульфидов проведено в лаборатории стабильных изотопов Аналитического центра ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток) на изотопном масс-спектрометре Finnigan MAT 253. Для выявления геохимических ассоциаций производился факторный анализ методом главных компонент. Оптическое изучение аншлифов выполнено классическим методом на микроскопе. *Результаты.* Медно-порфировое рудопроявление Невидимка представлено сульфидно-кварцевыми штокверками в гранит-порфирах и скарнами. Индикаторные геохимические соотношения отвечают золото-медно-порфировому типу. Жильные рудопроявления Опыт и Глухое представляют собой сульфидно-карбонат-кварцевые жилы, состав которых соответствует медно-полиметаллическим рудам периферических частей медно-порфировой формации. Эти объекты характеризуются сходными геохимическим спектром руд, составом халькопирита и изотопным составом сульфидной серы, что отражает состав рифейских комплексов Приколымского террейна. Стратиформные Pb-Zn рудопроявления Надежда-3 и Хая вмещают рифейскими карбонатными толщами и представлены зонами послонной сульфидной вкрапленности в доломитах. Их состав указывает на диагенетический, элизионно-водородный генезис. Стратиформное рудопроявление меди Орок залегает среди рифейских осадочных комплексов и относится к “трансгрессивному” типу месторождений медистых песчаников и сланцев. *Выводы.* Причина разнообразия типов Cu-Pb-Zn минерализации Приколымского террейна заключается в неоднократной циклической смене геодинамических обстановок рудогенеза. В каждом таком цикле сингенетическая минерализация сменялась вначале эпигенетической стратиформной и далее жильно-прожилковой. Мобильная чешуйчато-надвиговая структура обусловила неоднократную реювенацию металлов и унаследование рудами специализации вмещающих комплексов.

**Ключевые слова:** металлогения, геолого-генетический тип, реювенация, унаследование

## Base metal mineralization of the Kolyma terrain in Northeast Russia: Overview and genetic classification

Anton N. Glukhov

N.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far East Branch of RAS,  
16 Portovaya st., Magadan, 685000 Russia, e-mail: gluhov76@list.ru

Received 15.03.2018, accepted 29.12.2018

*Research subject.* The Prikolyma terrain located in the Northeastern part of Russia constitutes a long-lived Precambrian thrust-faulted structure hosting numerous Cu, Pb and Zn deposits of different types. *Materials and methods.* The mineralization of the terrain was examined during a course of research and exploration works over the 2007–2012. The rock geochemistry was studied using ICP-OES analysis at the *Stuart Geochemistry and Essay* laboratory (Moscow). The microprobe analysis of minerals was carried out at the facilities of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Magadan) using a Camebax X-ray microanalyzer. The isotopic ratios of sulphur in sulphides were measured using

**Для цитирования:** Глухов А.Н. (2019) Медное и полиметаллическое оруденение Приколымского террейна и его генетическая типизация. *Литосфера*, 19(5), 717-730. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-5-717-730

**For citation:** Glukhov A.N. (2019) Base metal mineralization of the Kolyma terrain in Northeast Russia: Overview and genetic classification. *Litosfera*, 19(5), 717-730. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-5-717-730

a Finnigan MAT 253 isotope mass spectrometer. *Results.* The porphyry-copper deposit *Nevidimka* is represented by skarns and sulphide-quartz stockworks embedded in porphyry granites. The vein deposits *Opyt* and *Glukhoye* constitute sulphide-carbonate-quartz veins, the composition of which corresponds to copper-polymetallic ores of the peripheral parts of the copper-porphyry formation. These deposits feature a similar geochemistry and composition of sulphides and sulphur isotopes, which is characteristic of the Riphean complexes of the Prikolyma terrain. The stratiform Pb-Zn veins *Nadezhda-3* and *Khaya* enclosed in Proterozoic dolomites represent parallel-bedding disseminated sulphides. The composition of these ores indicates their diagenetic origin. The stratiform copper deposit *Oroyok* is embedded in Proterozoic shales and can be referred to sediment-hosted copper deposits of a transgressive type. *Conclusions.* The diversity of Cu-Pb-Zn mineralization types in the Prikolyma terrain is established to have resulted from multiple cyclic changes of the geodynamic ore formation regime. During each such cycle, syngenetic mineralization was followed first by epigenetic and then by vein mineralization. The mobile, thrust-faulted structure caused repeated rejuvenation of ores, which inherited the geochemical features of hosting rocks.

**Keywords:** *metallageny, genetic type, recycling, inheritance, evolution*

## ВВЕДЕНИЕ

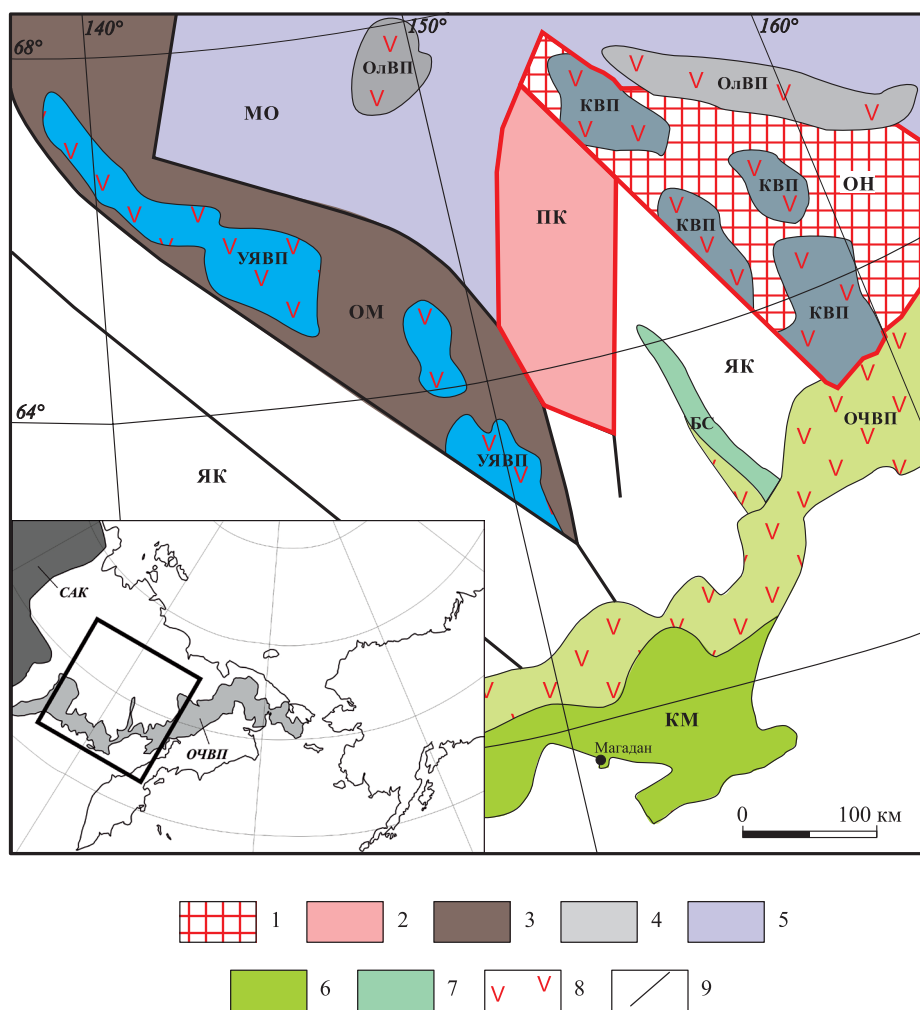
Металлогения структур длительного развития (с архейским и раннепротерозойским субстратом) является унаследованной и определяется составом докембрийской континентальной коры [Рундквист, 1993]. Рудные концентрации здесь формируются в течение длительного времени и являются функцией широкого спектра породо- и рудообразующих процессов. Это обуславливает металлогеническую индивидуальность этапов геологического развития докембрийских структур и придает рудной специализации их структурно-вещественных комплексов индикаторную роль. В данном контексте ее изучение представляет значительный интерес для решения вопросов эволюции рудообразующих процессов и обстановок.

На Северо-Востоке Азии одним из наиболее ярких примеров подобных структур является Приколымский террейн (далее – ПТ). Это составная часть аккреционной структуры Северо-Востока Азии [Парфенов и др., 2003; Соколов, 2010], протягивающаяся в субмеридиональном направлении на 450 км (рис. 1). Террейн сложен метаморфизованными протерозойскими песчаниками, сланцами, карбонатными породами, вулканитами и гипербазитами (рис. 2). Они несогласно перекрыты терригенными, вулканогенно-осадочными и карбонатными породами палеозоя–мезозоя. Интрузивные комплексы представлены мелкими телами девонских и меловых гранитоидов, а также дайками позднемеловых базитов. Геологическое развитие Приколымья начиная с рифея происходило в обстановке пассивной континентальной окраины, которая осложнялась циклично проявленными рифтогенными процессами, а также изредка – субдукционными и аккреционно-коллизийными [Глухов и др., 2012]. Наиболее древние U-Pb датировки вещественных комплексов Приколымья составляют 2.04–2.36 млрд лет [Беус, 1992].

Вещественные комплексы ПТ вмещают минерализацию разного состава (рис. 2, 3). Месторождения и рудопроявления золото-редкометалльной формации наиболее многочисленны и изучены. Они сопровождаются россыпями золота и группируются в два рудно-россыпных района – Шаманихо-Столбовской и Каменский, относящихся к син-аккреционному Яно-Колымскому металлогеническому мегаполюсу [Горячев, 1998]. Широко распространены также медные и полиметаллические рудопроявления, ассоциирующие с магматическими комплексами Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса (УЯВП). На восточном фланге ПТ карбонатные толщи рифея и палеозоя вмещают в себя стратиформную свинцово-цинковую минерализацию. В центральной и южной частях Приколымья среди рифейских метапелитов известны проявления медистых песчаников и сланцев, а также стратиформные гематитовые руды [Шпикерман, 1998].

Медному и полиметаллическому орудуению региона посвящен ряд публикаций различных исследователей. В частности, Ю.В. Давыдов [Давыдов и др., 1988; Давыдов, 1997, 2001] охарактеризовал стратиформную свинцово-цинковую минерализацию в палеозойских карбонатных толщах Приколымья и разработал для них геолого-генетическую модель. В.И. Шпикерман [В.И. Шпикерман, Л.А. Шпикерман, 1996; Шпикерман, 1998] детально описал медистые песчаники, кратко – медно-порфировые и стратиформные свинцово-цинковые рудопроявления в рифейских породах. Нами ранее была дана подробная характеристика последних [Глухов, Фомина, 2015] и кратко описаны жильные и штокерковые медно-полиметаллические рудопоявления [Глухов, 2009; Глухов, Тюкова, 2013; Глухов, Фомина, 2015].

Целью данной работы явились “интегральная” геолого-генетическая типизация медных и полиметаллических рудопоявлений и корреляция рудогенеза с этапами металлогенической эволюции



**Рис. 1.** Тектоническая схема Колымо-Охотского региона Северо-Востока Азии (по В.И. Шпикерману [1998] с изменениями).

1 – кратонные террейны (ОН – Омолонский); 2, 3 – террейны пассивной континентальной окраины (ПК – Приколымский, ОМ – Омuleвский); 4 – деформированная пассивная окраина Северо-Азиатского кратона (ЯК – Яно-Колымский террейн); 5 – аккрецированные океанические террейны (МО – Момский); 6 – аккрецированные островодужные террейны (КМ – Кони-Мургалский); 7 – рифтогенные прогибы (БС – Балыгычано-Сугойский); 8 – вулканогенные пояса (КВП – Кедонский, УЯВП – Уяндино-Ясачненский, ОВП – Олойский, ОЧВП – Охотско-Чукотский); 9 – разломы.

На врезке: САК – Северо-Азиатский кратон.

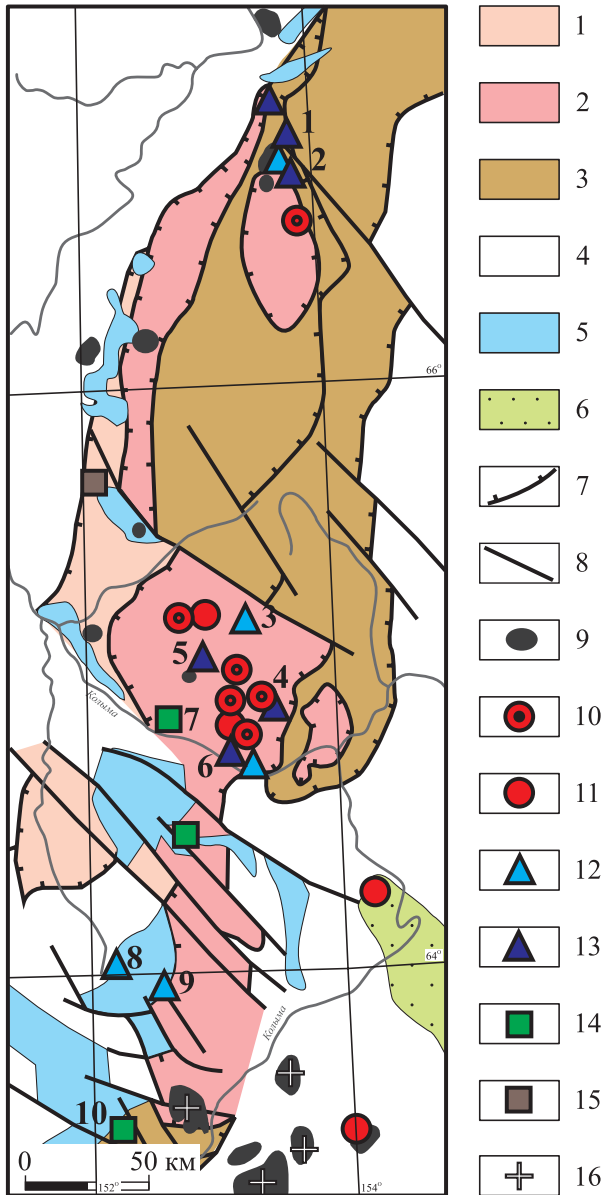
**Fig. 1.** Tectonic scheme of Kolyma-Okhotsk region of the North-East Asia, Adopted from V.I. Shpikerman [1998].

1 – Cratonian terranes (ОН – Omolon, ОХ – Okhotsk); 2, 3 – Passive Cratonal Margin terranes (ПК – Kolyma, ОМ – Omulevka); 4 – Yana-Kolyma Passive Cratonal Margin (ЯК); 5 – Accretional Oceanic terranes (МО – Moma); 6 – Accretional Island-Arc terranes (КМ – Koni-Murgal); 7 – Rifts (БС – Balygychan-Sugoy); 8 – Volcanic Belts (КВП – Kedon, УЯВП – Uandina-Yasachnaya, ОВП – Oloy, ОЧВП – Okhotsk-Chukotka); 9 – faults.

On inset: САК – North-Asia Craton.

Приколымья и Северо-Востока Азии в целом. В основу данной работы положен фактический материал, собранный автором при научно-исследовательских и геологоразведочных работах на Приколымье в 2007–2012 гг. Все упоминаемые рудные объекты охарактеризованы большим количеством

пробирных, спектральных (в том числе ИСП), рентгеноспектральных анализов. Результаты минералого-петрографических и изотопных исследований пород и руд, которые использованы здесь, изложены в нескольких публикациях [Глухов, Тюкова, 2013; Глухов, 2014; Глухов, Фомина, 2015].



**Рис. 2.** Тектоно-минерагеническая схема Приколымского террейна и смежных структур (по В.И. Шпикерману [1998] с изменениями).

1–3 – Приколымский террейн, субтеррейны: 1 – Спиридоновский, 2 – Шаманихинский, 3 – Ярходонский; 4 – прочие террейны Яно-Колымского орогенного пояса; 5 – Уяндино-Ясачненский вулканогенный пояс; 6 – Балыгычано-Сугойский рифтогенный прогиб; 7 – надвиги; 8 – крутопадающие разломы; 9 – позднепалеозойские и мезозойские гранитоиды; 10–16 – месторождения и рудопроявления различных геолого-генетических типов: 10 – мезотермальные жильные и штокверковые Au, 11 – эпitherмальные жильные и штокверковые Au-Ag, 12 – штокверковые и жильные Cu-Pb-Zn, 13 – стратиформные Pb-Zn, 14 – стратиформные Cu, 15 – стратиформные Fe, 16 – жильные и штокверковые Sn.

Номера на схеме соответствуют упоминаемым в тексте объектам: 1 – Горное, 2 – Слезовка, 3 – Глухое, 4 – Надежда-3, 5 – Хая, 6 – Чебукулах, 7 – Ороек, 8 – Неvidимка, 9 – Опыт, 10 – Зеленый Пласт.

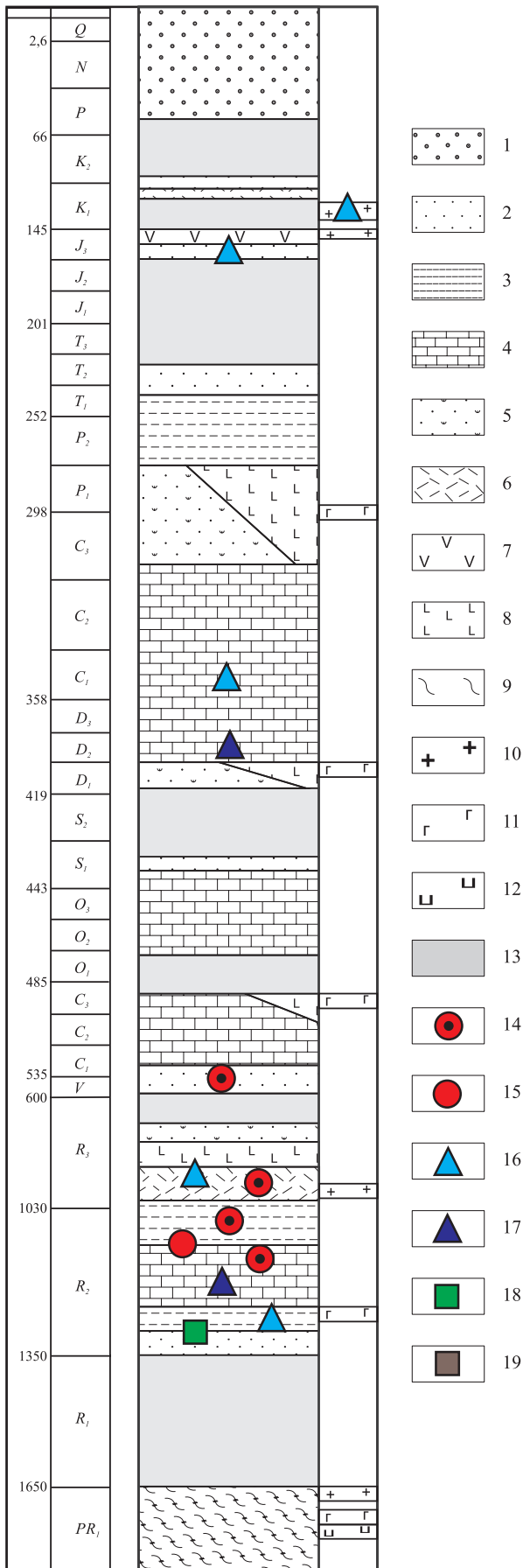
**Fig. 2.** Tectonic and mineragenic scheme of Kolyma terrane (adopted from V.I. Shpikerman [1998]).

1–3 – Kolyma terrane, subterrane: 1 – Spiridonova, 2 – Shamanikha, 3 – Yarkhodon; 4 – other terranes; 5 – Uyandina-Yasachnaya volcanic belt; 6 – Balygychan-Sugoy rift; 7 – trusts; 8 – other faults; 9 – granites; 10–16 – mineral deposits and occurrences of different types: 10 – mesothermal vein and stockwork Au, 11 – epithermal vein and stockwork Au-Ag, 12 – stockwork and vein Cu-Pb-Zn, 13 – stratiform Pb-Zn, 14 – stratiform Cu, 15 – stratiform Fe, 16 – vein and stockwork Sn.

Numbers of the deposits: 1 – Gornoye, 2 – Slezovka, 3 – Glukhoye, 4 – Nadezhda-3, 5 – Khaya, 6 – Chebukulakh, 7 – Oroyok, 8 – Nevidimka, 9 – Opyt, 10 – Zelyoniy Plast.

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Штокверковые и жильные медно-полиметаллические рудопроявления* достаточно широко развиты в пределах ПТ. На юге они сгруппированы в Право-Дуксундинский рудный узел (рис. 4), где известны рудопроявления Неvidимка и Опыт. Узел приурочен к изометричной вулканоплутонической структуре диаметром около 50 км, расположенной в зоне наложения на вендско-палеозойские толщи Приколымья надсубдукционных комплексов УЯВП. Структура выполнена верхнеюрскими вулканогенно-терригенными отложениями; в центральной ее части в эрозийном окне обнажены палеозойские карбонатно-терригенные отложения, прорванные штоком гранитоидов, слагающим большую часть площади рудопроявления Неvidимка (рис. 5). В его составе выделяются три фазы, последовательно представленные кварцевыми диоритами, гранодиоритами, гранит-порфирами. Абсолютный K-Ar возраст гранит-порфиров 128 млн лет. Среди гидротермально-метасоматических образований преобладают пропилиты: биотит-хлорит-кварцевые, хлорит-эпидот-кварцевые и серицит-хлорит-полевошпат-кварцевые. Они образуют обширные (0.5–1.5 км<sup>2</sup>) изометричных очертаний ореолы, главным образом среди гранит-порфиров. Местами на пропилиты наложена аргиллизация. В осевых частях метасоматических ореолов обособляются локальные зоны (0.01–0.1 км<sup>2</sup>), в пределах которых степень изменений становится сильной или полной. Здесь располагаются рудные зоны, представляющие собой штокверки серицит-кварцевого и сульфидно-серицит-кварцевого состава, мощностью 20–150 м и протяженностью 300–500 м. Содержания меди достигают 11.83, цинка – 13.07, свинца – 1.08 %, серебра – 31.2, золота – 0.34 г/т. Локально развиты эпидот-гранатовые скарны, приуроченные к контактам гранитоидов с известняками. Рудные зоны интенсивно выветрены, дезинтегрированы и окислены, широко развиты гипергенные минералы и их ассоциации; многочисленны ячеистые агрегаты



**Рис. 3.** Тектоно-стратиграфическая колонка Приколымского террейна и расположение в ней рудных объектов.

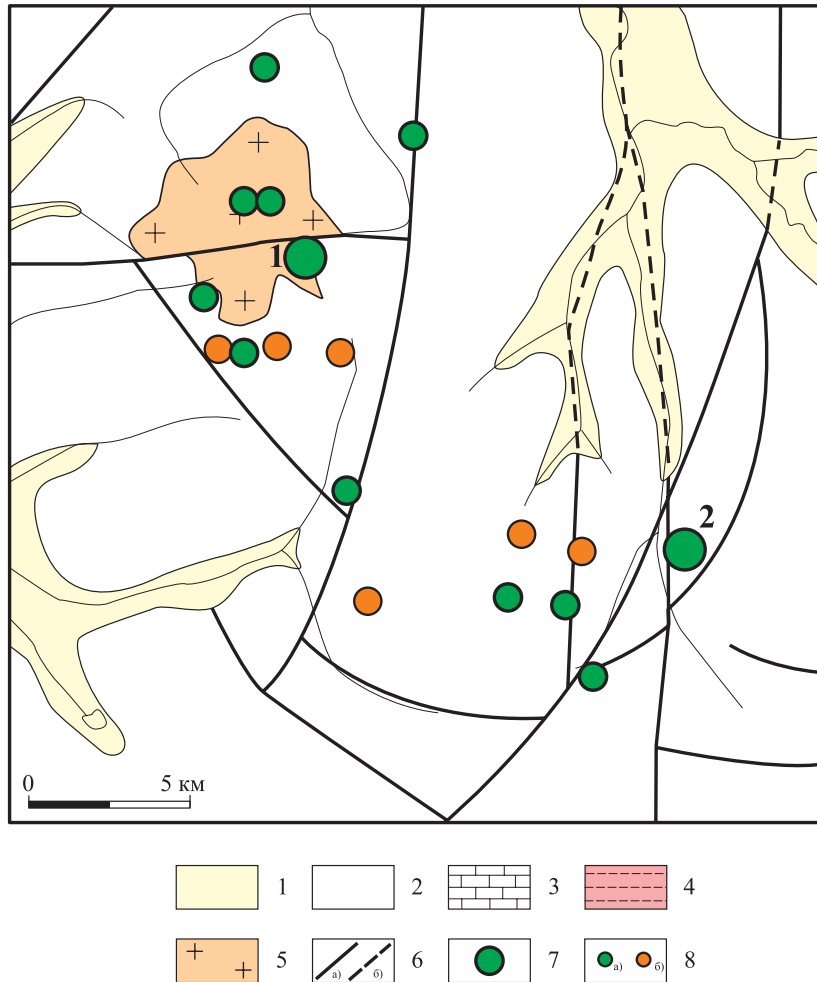
1 – грубообломочные отложения; 2 – песчаники; 3 – сланцы; 4 – карбонатные породы; 5 – вулканокластические отложения; 6 – риолиты; 7 – андезиты; 8 – базальты; 9 – кристаллические сланцы; 10 – гранитоиды; 11 – габброиды; 12 – гипербазиты; 13 – стратиграфические перерывы; 14–19 – месторождения и рудопроявления различных геолого-генетических типов.

**Fig. 3.** Tectonic and Stratigraphic column of Kolyma terrane and location of mineral deposits and occurrences.

1 – clastic rock; 2 – sandstone; 3 – shale; 4 – carbonate rock; 5 – volcanoclastic rock; 6 – rhyolite; 7 – andesite; 8 – basalt; 9 – schist; 10 – felsic igneous rock; 11 – mafic igneous rock; 12 – ultrabasic; 13 – stratigraphic unconformities; 14–19 – mineral deposits and occurrences of different types.

гидроокислов железа. На южном фланге рудопроявления среди терригенно-вулканогенных отложений рудные тела представлены сульфидно-карбонат-кварцевыми жилами мощностью до 1 м с пиритом, халькопиритом, сфалеритом. Для них характерны высокие содержания серебра – до 240 г/т, а также свинца – до 2.08%, цинка – до 0.1, меди – до 0.79 %. Минеральный состав руд был охарактеризован ранее [Глухов, Тюкова, 2013]. Их геохимический спектр, ранжированный относительно кларков (в скобках кларки концентрации), следующий: Cu(187)–Ag(184)–Zn(79)–Bi(70)–Pb(26)–Sb(17)–As(8)–Au(3). Он соответствует медно-полиметаллическим рудам периферических частей медно-порфировой формации.

Рудопроявление Опыт локализовано в юго-восточной части Право-Дуксундинского рудного узла. Восточный его фланг (рис. 6) сложен рифейскими кварцитами и филлитами, западный – верхнеюрскими алевролитами и песчаниками. Гидротермалиты представлены главным образом сульфидно-карбонат-кварцевыми жилами, прожилками и ореолами метасоматического окварцевания. Рудные тела представляют собой жилы и жильные зоны сульфидно-карбонат-кварцевого состава мощностью до 12 м. В пробах из отвалов руды вблизи устья шурфа проходки 1930-х гг. содержания меди составляют 0.81–47.6, цинка – 0.06–6.84, свинца – 0.03–19.25 %, серебра – 3–878.6, золота 0.01–0.22 г/т. Изредка отмечаются повышенные содержания Cd (0.02–0.032 %, среднее 62.9 г/т), Bi (0.01–0.06%), Sb (0.01–0.05 %), Mn (0.15–0.73 %), As (0.01–0.18 %). В рудах установлено более 30 минеральных видов [Глухов, Тюкова, 2013]. Рудные минералы образуют сплошные массивные агрегаты с содержанием сульфидов до 95 %. Для руд характерна высокая степень гипергенных изменений: вторичного сульфидного обогащения и окисления. Геохимический спектр руд (в скобках кларки концентрации) следующий: Cu(1511)–Ag(564)–Cd(309)–Pb(182)–Bi(159)–Zn(74)–As(28)–Au(18). Он



**Рис. 4.** Геологическое строение Право-Дуксундинского рудного узла.

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – юрские вулканогенно-терригенные отложения; 3 – верхнепалеозойские известняки, сланцы, песчаники; 4 – рифейские филлиты; 5 – гранитоидные интрузии; 6 – разломы наблюдаемые (а), предполагаемые (б); 7 – рудопроявления (1 – Невидимка, 2 – Опыт); 8 – пункты минерализации: а – Cu-Pb-Zn, б – Ag.

**Fig. 4.** Geology scheme of Pravo-Duksunda Ore Camp.

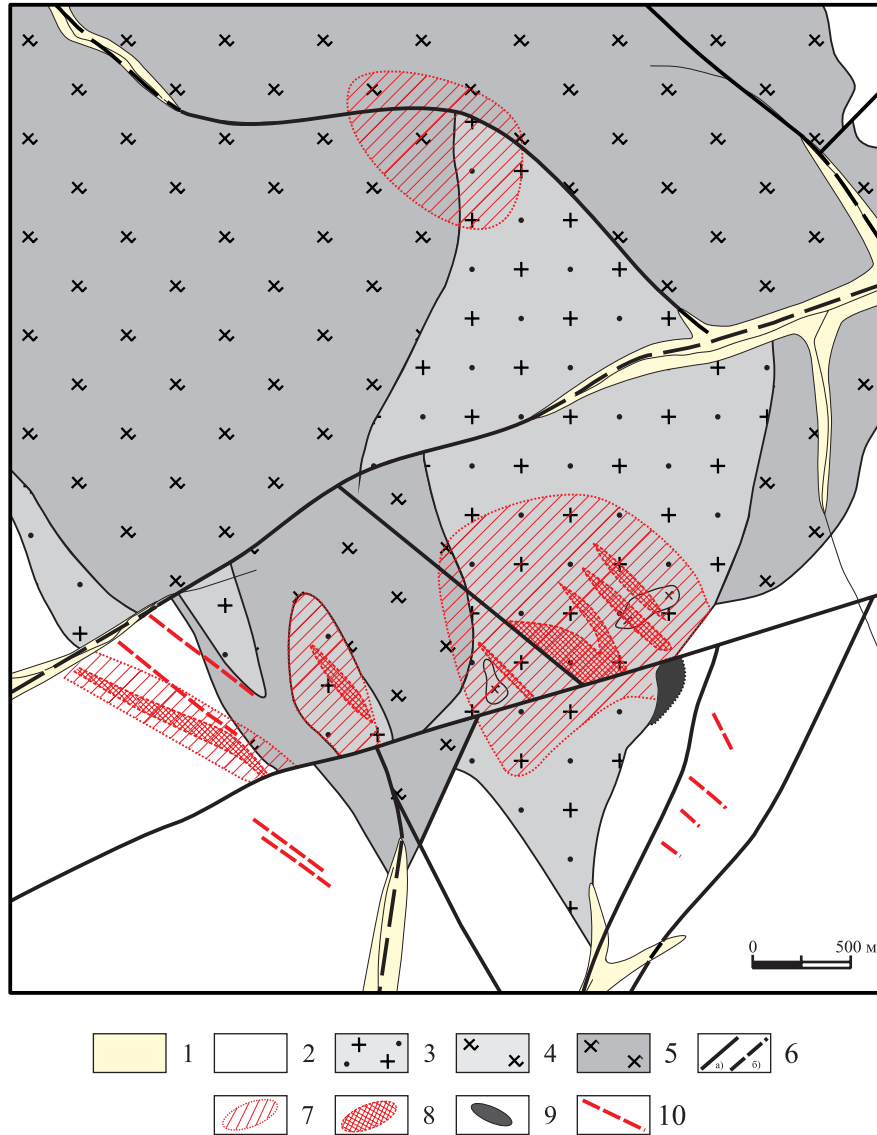
1 – overburden; 2 – Jurassic sedimentary rock; 3 – Paleozoic limestone, shale and sandstone; 4 – Proterozoic shale; 5 – granites; 6 – faults (a), proposed faults (b); 7 – ore occurrences (1 – Nevidimka, 2 – Opyt); 8 – points of mineralization: a – Cu-Pb-Zn, b – Ag.

соответствует медно-полиметаллическим рудам периферических частей медно-порфировой формации.

Рудопроявление Глухое расположено в северной части Шаманихо-Столбовского района, вмещается рифейскими метариолитами [Глухов, 2009]. Основное рудное тело представляет собой крутопадающую прожилково-жильную зону сульфидно-кварцевого состава мощностью 1–5 м и протяженностью до 800 м. Рудные минералы (5–10 %) представлены халькопиритом, пиритом, магнетитом, галенитом, сфалеритом, халькозином, ковеллином, малахитом. В штучных пробах содержания достигают: Au – 0.54, Ag – 34 г/т, Cu – 10, Pb – 2.4, Zn – 2.2, Mn – 0.55 %. Околорудные изменения представлены ореолами окварцевания, серицитизации, калиш-

патизации и вкрапленной пиритизации. Геохимический спектр руд, ранжированный относительно кларков (в скобках), следующий: Ag(124)–Cu(17)–Pb(7)–Cd(6)–Au(4). Он соответствует серебро-полиметаллической минерализации. Редкие сульфидно-гематит-карбонатно-кварцевые жилы мощностью до 1 м имеют каркасно-пластинчатую текстуру, содержат пирит, галенит, малахит, лимонит, электрум. Здесь зафиксированы высокие концентрации Au (до 32.6 г/т), Ag (до 521.8 г/т), Cu (до 0.37 %), Pb (до 17.2 %), Zn (до 27.7 %).

Стратиформные рудопроявления свинца и цинка, вмещаемые карбонатными толщами (Горное, Слезовка, Таал), образуют компактный ареал в северо-восточной части ПТ – Каменскую металлогени-



**Рис. 5.** Геологическое строение рудопроявления Невидимка.

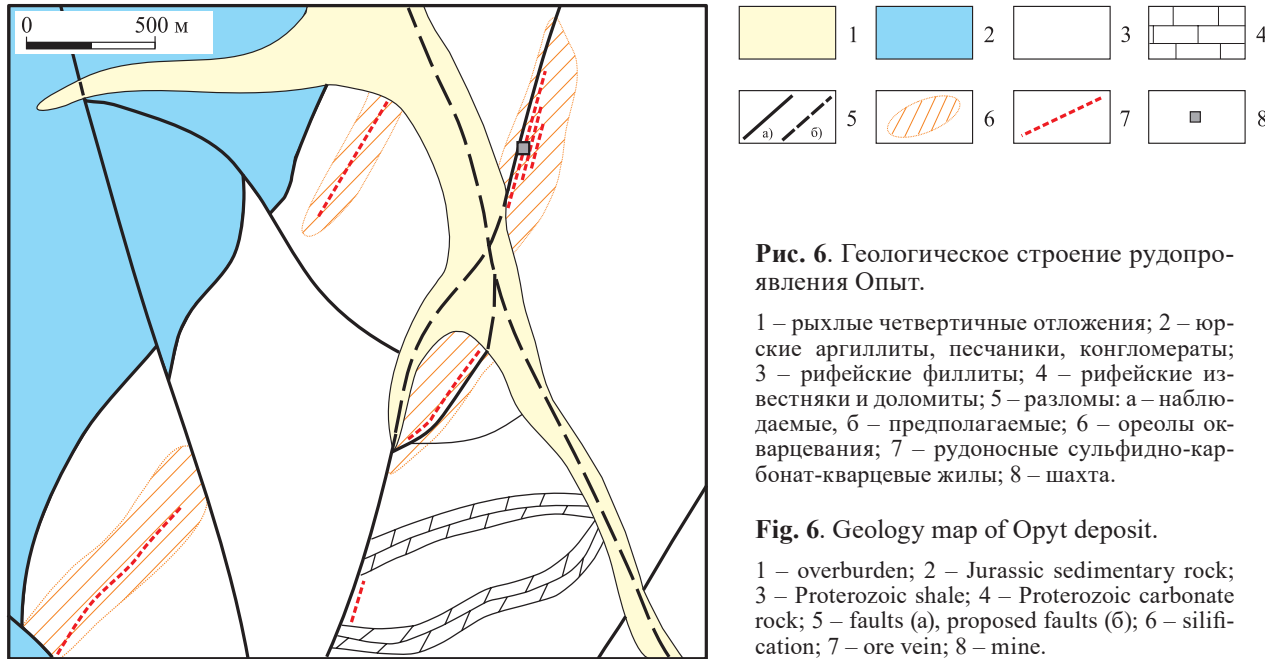
1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – осадочные отложения карбона и юры; 3 – кварцевые диориты; 4 – гранодиориты; 5 – гранит-порфиры; 6 – разломы: а – наблюдаемые, б – предполагаемые; 7 – метасоматиты хлорит-биотит-серицит-кварцевые; 8 – рудоносные сульфидно-серицит-кварцевые штокверки; 9 – скарны; 10 – рудоносные сульфидно-карбонат-кварцевые жилы.

**Fig. 5.** Geology map of Nevidimka ore occurrence.

1 – overburden; 2 – Carbonic and Jurassic sedimentary rock; 3 – quartz diorite; 4 – granodiorite; 5 – porphyry granite; 6 – faults (a), proposed faults (b); 7 – propilite; 8 – mineralized stockwork; 9 – skarns; 10 – ore vein.

ческую зону [Тектоника..., 2001]. Они достаточно полно охарактеризованы Ю.В. Давыдовым [1997, 1988]. В.И. Шпикерман [1998] объединил их под названием “ярходонский рудный комплекс”. Нами данное оруденение изучено на двух участках (Надежда-3 и Хая) в центральной части ПТ [Глухов, Фомина, 2015]. Минерализация вмещается карбонатными толщами, расположенными на двух стратиграфических уровнях: в ярходонской свите сред-

него девона и в чебукулахской серии среднего-верхнего рифея (рис. 3, 7). Рудные тела представлены двумя морфологическими типами: 1) зоны кварц-барит-сульфидных прожилков и брекчий в доломитах биогермов; 2) зоны послынной сульфидной вкрапленности в ритмично-слоистых доломитах. Главные минералы руд – кварц, барит, пирит, сфалерит, галенит, халькопирит. Содержания Pb – до 6 %, Zn – до 12 %, Ag – до 10 г/т. Характерны

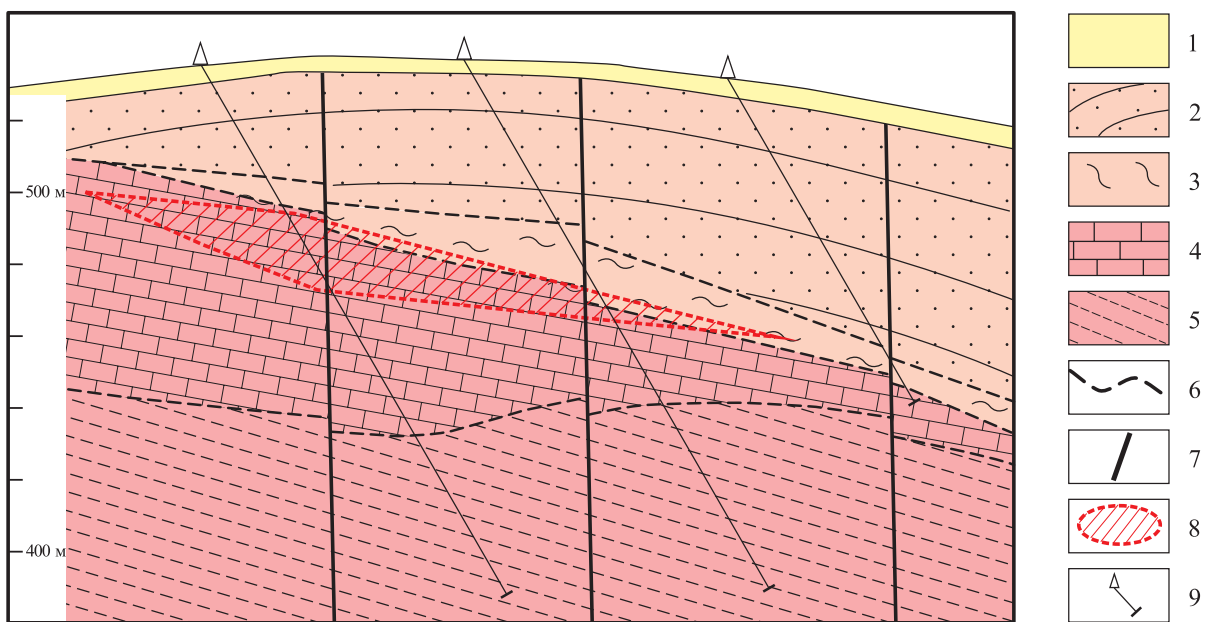


**Рис. 6.** Геологическое строение рудопро-  
явления Опыт.

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – юр-  
ские аргиллиты, песчаники, конгломераты;  
3 – рифейские филлиты; 4 – рифейские из-  
вестняки и доломиты; 5 – разломы: а – наблю-  
даемые, б – предполагаемые; 6 – ореолы ок-  
варцевания; 7 – рудоносные сульфидно-кар-  
бонат-кварцевые жилы; 8 – шахта.

**Fig. 6.** Geology map of Opyt deposit.

1 – overburden; 2 – Jurassic sedimentary rock;  
3 – Proterozoic shale; 4 – Proterozoic carbonate  
rock; 5 – faults (a), proposed faults (b); 6 – silifi-  
cation; 7 – ore vein; 8 – mine.



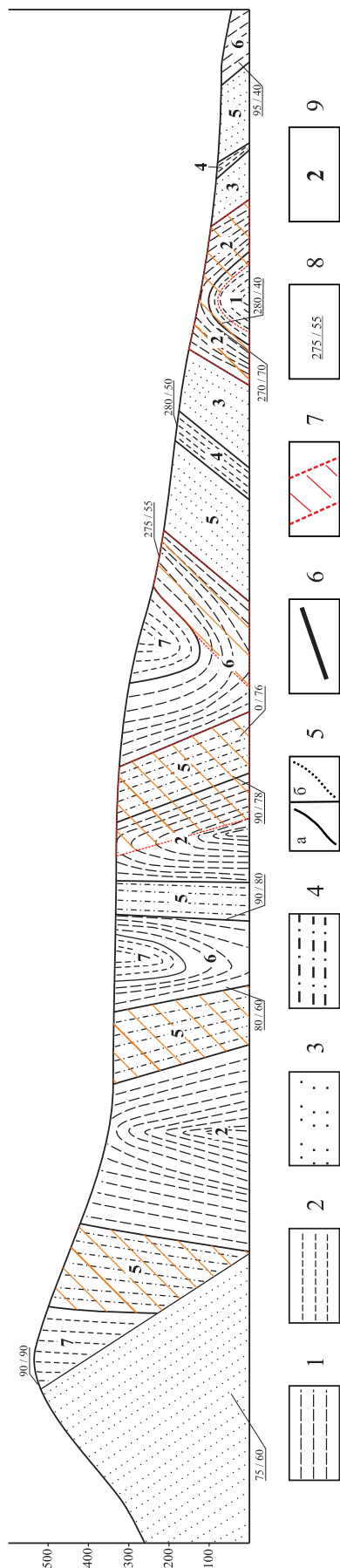
**Рис. 7.** Схематический геологический разрез через зону развития стратиформного полиметаллического оруде-  
нения на месторождении Надежда (зона Надежда-3). Горизонтальный масштаб соответствует вертикальному.

1 – рыхлые четвертичные отложения, 2 – песчаники, 3 – серицит-кварцевые сланцы, 4 – доломиты, 5 – карбонат-хло-  
рит-серицитовые сланцы, 6 – зоны интенсивного рассланцевания и смятия, 7 – субвертикальные разломы, 8 – минера-  
лизованная зона, 9 – колонковые скважины.

**Fig. 7.** Schematic cross-section through stratiform Pb-Zn mineralization zone (Nadezhda-3 zone). Horizontal and  
vertical scale is same.

1 – Quaternary overburden deposits, 2 – sandstone, 3 – shist, 4 – dolomite, 5 – shale, 6 – foliation zone, 7 – faults, 8 – minera-  
lization zone, 9 – drillholes.





**Рис. 8.** Геологическое строение рудопроявления Ороек. Схематический разрез вдоль правого берега р. Колымы.

1 – хлоритовые, хлорит-серицитовые сланцы и алевролиты красно- и пестроцветные; 2 – хлоритовые, хлорит-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые, графит-серицит-хлоритовые сланцы сероцветные; 3 – кварциты; 4 – хлоритоидные, кварц-хлоритоидные сланцы, субаркозовые песчаники; 5 – геологические границы; а – установленные, б – предполагаемые; 6 – разрывные нарушения; 7 – минерализованные горизонты; 8 – элементы залегания слоев; 9 – номера литологических пачек (как в тексте).

**Fig. 8.** Cross-section of Oroyok ore occurrence along shore of Kolyma river.

1, 2 – shale; 1 – red-coloured, 2 – grey- and black-coloured; 3 – quartzite; 4 – sandstone; 5 – geological margins (a), proposed geological margins (b); 6 – faults; 7 – mineralized zone; 8 – layers dip and strike; 9 – numbers of litologic units (as in text).

присутствие существенных количеств марказита, преобладание Zn над Pb, относительно невысокие содержания Ba и Ni, высокие концентрации S в пирите и низкие Fe и Cd в сфалерите.

*Стратиформная медная минерализация* широко распространена среди пород рифейского терригенно-карбонатного комплекса Шаманихинского субтеррейна. Известно несколько рудопроявлений и более двух десятков пунктов минерализации, объединенные В.И. Шпикерманом [1998] в Ороекскую металлогеническую зону.

Рудопроявление *Ороек* в обрывах р. Колымы близ устья одноименного ручья относительно легкодоступное и наиболее изучено. Детально охарактеризовано В.И. Шпикерманом и Л.А. Шпикерман [1996, 1998]. Наши результаты позволяют уточнить геологическое строение объекта и генетическую модель минерализации. В геологическом строении рудопроявления принимают участие кварцит и сланцы среднего рифея, прорванные дайками метабазитов (рис. 8). В составе рудоносной толщи нами выделено семь петрографически относительно однородных пачек (см. рис. 7; снизу вверх, мощность указана в метрах).

1. Хлоритовые сланцы, алевролиты (70).
2. Хлоритовые, графит-хлорит-серицитовые (с пиритом) сланцы тонкоплитчатые с прослоями грубослоистых полимиктовых песчаников и кварцитов (130).
3. Кварциты кремовые с прослоями песчаников, кварц-слюдистых сланцев и мраморов (140).
4. Песчаники тонкослоистые (80).
5. Кварц-хлоритоидные сланцы, полимиктовые песчаники с прослоями кварцитов и тонкоплитчатых алевролитов (120).
6. Хлоритовые, графит-хлорит-серицитовые (с пиритом) сланцы (100).
7. Кварц-хлорит-серицитовые сланцы, алевролиты (60).

Общая мощность видимой части разреза 700 м. В нем выделяются следующие фациальные типы отложений [Справочник..., 1983]: лагунные красноцветные алевропелиты (пачка 1), лагунные сероцветные алевропелиты, обогащенные органическим веществом и пиритом (пачка 2), баровые песчаники существенно мономиктового кварцевого состава (пачка 3), лагунные красноцветы (пачка 4), полимиктовые алевропесчаники забаровой фации (пачка 5), лагунные сероцветные алевропелиты с органическим веществом и пиритом (пачка 6) и красноцветные алевропелиты (пачка 7). По критерию уменьшения снизу вверх грубозернистости осадков и снижения концентраций магния и лития (табл. 1) – элементов, накопление которых является индикатором повышенной солености бассейна осадконакопления, данный разрез с некоторой долей условности можно отнести к трансгрессивному типу [Перельман, 1989; Справочник...,

1983]. Вероятно, первоначальная доля красноцветных отложений в разрезе была большей, но снизилась вначале в результате восстановительных реакций на стадии раннего диагенеза [Зеленова, Комарова, 1977], а затем – при метаморфизме, когда часть окисного железа перешла в кристаллический гематит и магнетит. Породы смяты в серию складок шириной первые сотни метров с пологим погружением шарниров на север. Медная минерализация располагается на двух стратиграфических уровнях вблизи границ красно- и сероцветных пачек. Она прослеживается по простиранию более чем на 4.5 км. Наиболее интенсивная минерализация наблюдается на 150-метровом отрезке береговых обрывов (см. рис. 8), ее минеральный состав детально охарактеризован В.И. Шпикерманом и Л.А. Шпикерман (1996). По результатам пунктирно-бороздowego опробования выделяются интервалы мощностью до 10 м с содержаниями меди 0.13–3.24 %. Наблюдаются также повышенные концентрации серебра (до 9 г/т), золота (до 0.17 г/т), цинка (до 0.034 %), свинца (до 0.02 %), кобальта (до 0.01 %). Соотношение содержаний меди, цинка и свинца в разрезе подчиняется типовой для медистых песчаников [Кутырев, 1984; Справочное пособие..., 1990] зональности (снизу вверх): Cu + Ag – Zn – Pb (см. табл. 1). Геохимический спектр меденосных пород следующий: Cu(67)–Au(22)–Ag(15)–Mn(2)–Co(2).

На рудопоявлении Зеленый Пласт меденосная залежь мощностью 1–5 м приурочена к аллохтону углеродистых филлитов ороекской свиты, надвинутому на девонскую карбонатную толщу [В.И. Шпикерман, Л.А. Шпикерман, 1996].

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Цель исследования подразумевает использование тех геолого-генетических типов минерализации (в качестве синонима этого термина мы принимаем термин “рудная формация”), которые имеют наибольшее индикаторное значение по отношению к геодинамическим режимам и обстановкам. Этому соответствует определение рудной формации, которое было дано П.А. Строной [1978]: “..устойчивая естественная ассоциация месторождений, близких по генезису, минеральному составу, возрасту, формирующихся в определенной геотектонической обстановке и обычно генетически, парагенетически связанных или хотя бы пространственно ассоциированных с той или иной геологической формацией...” (с. 10). Геолого-генетическая типизация медной и полиметаллической минерализации Приколымского террейна приведена в табл. 2.

Право-Дуксундинский рудный узел включает в себя полный набор геолого-генетических типов минерализации, присущих медно-порфировым системам: в центральной части – сульфидно-кварцевые штокверки с Au-Cu оруденением и геохимическими ореолами Mo в порфировых гранитоидах и ассоциирующие с ними скарны с Cu-Pb-Zn минерализацией (рудопоявление Невидимка), на периферии – жилы и жильные зоны с Cu-Pb-Zn-Ag минерализацией среди пород осадочно-метаморфической рамы (рудопоявление Опыт). В.И. Шпикерман [1998] отнес данные рудопоявления к кунаревскому медно-порфировому рудному комплексу. Индикаторные геохимические соотношения для руд (Cu/Mo = 2000:1, Cu/Au = 100 000:1) отвечают выделяемому внутри

**Таблица 1.** Вертикальная геохимическая зональность по разрезу рудовмещающей верхнеороекской подсвиты

**Table 1.** Vertical geochemical zonation across ore-hosted section

Пачка	Ag, г/т	Li, г/т	Mg, г/т	Cu/(Pb+Zn)
1(7)	$\frac{2.9}{1.4-9.5}$	$\frac{33.7}{7.4-52.0}$	$\frac{1.8}{0.3-2.8}$	$\frac{40.4}{5.9-146.5}$
2(13)	$\frac{1.5}{0.3-3.6}$	$\frac{33.4}{11.3-25.4}$	$\frac{1.5}{0.4-1.5}$	$\frac{21.9}{0.7-55.4}$
3(2)	$\frac{1.2}{0.3-2.1}$	$\frac{25.5}{2.7-48.2}$	$\frac{1.3}{0.1-2.5}$	$\frac{53.5}{48.8-58.1}$
5(12)	$\frac{1.0}{0.3-4.4}$	$\frac{17.5}{4.5-71.5}$	$\frac{1.1}{0.3-4.3}$	$\frac{15.6}{3.4-170.2}$
7	0.3	10	1.00	1.1

Примечание. Здесь и далее в числителе – среднее геометрическое, в знаменателе – диапазон содержаний. В скобках – количество анализов.

Note. Here in after in the numerator is the geometric mean, in the denominator is the range of the content range. In brackets – number of analysis.

**Таблица 2.** Геолого-генетические типы медного и полиметаллического оруденения Приколымского террейна  
**Table 2.** Types of Base-Metals Mineralization of the Kolyma terrane

Рудопоявление	Характеристика рудных тел	Геолого-генетический тип	Месторождения-аналоги
Невидимка	Сульфидно-кварцевые штокверки с Cu-Pb-Zn минерализацией	Медно-порфировая формация [Павлова, 1978], porphyry-copper deposits (PCD [Sillitoe, 2009])	Бингем, Бьютт
	Залежи скарнов с Cu-Pb-Zn минерализацией		
	Сульфидно-кварцевые жилы с Cu-Pb-Zn-Ag минерализацией		
Опыт, Глухое	Сульфидно-кварцевые жилы с Cu-Ag-Pb-Zn и Au-Ag минерализацией		
Горное, Слезовка, Таал	Стратиформные залежи Pb-Zn руд в рифейских доломитах, барит-кварцевые жилы	Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах [Справочное пособие, 1990], Mississippi-valley Type (MVT [Leach et al., 2001]).	Сардана, Пайн-Пойнт
Чебукалаха, Надежда-3, Хая	Стратиформные залежи Pb-Zn руд в рифейских доломитах		
Ороек, Лучистое, Зеленый Пласт	Стратиформные залежи Cu руд в рифейских сланцах	Медистые песчаники и сланцы (МПС [Справочное пособие, 1990]), sediment-hosted copper deposits (SHC [Hitzman et al., 2010])	Удокан, Уайт-Пайн

медно-порфировой формации золото-медно-порфировому типу [Кривцов и др., 1986]. Руды обоих проявлений характеризуются сходными геохимическим спектром руд (Cu–Ag–Pb–As, Au, Bi, Sb), химическим составом халькопирита и специфическими изотопным составом сульфидной серы: значения  $\delta^{34}\text{S}$  составляют +4.2... +13.0‰. Это отражает состав рифейского субстрата Приколымского террейна. “Тяжелая” сульфидная сера Приколымья не имеет аналогов среди месторождений Северо-Востока России и необычна для медно-порфировых систем вообще. Так, “классические” Cu-порфировые месторождения Аризоны (Моренси) и Кавказа (Дастакерт), по нашим данным, характеризуются значениями  $\delta^{34}\text{S}$  от –0.5 до –2.0 ‰, а Филлипин (Лепанто) [Hedenquist, Garcia, 1990] –  $\delta^{34}\text{S}$  от –2.0 до –5.0 ‰, Урала [Грабчев и др., 1989] – от 0 до 2.7. Эту особенность, по нашему мнению, можно объяснить составом докембрийского сиалического субстрата Приколымья в отличие от более молодого существенно фемического субстрата большинства других известных медно-порфировых провинций.

Особенности состава руд стратиформных Pb-Zn проявлений указывают на относительно мало-глубинный и низкотемпературный характер рудообразующего флюида, что подразумевает диагенетическую, элизионно-водородную природу минерализации [Глухов, Фомина, 2015]. Сходство геологического строения рудопоявлений, вмещаемых рифейскими толщами, с теми, которые лока-

лизованы в палеозойских породах, позволяет отнести их к тому же ярхдонскому рудному комплексу [Шпикерман, 1998]. Руды характеризуются “тяжелым” (+9.6... +10.4 ‰) изотопным составом сульфидной серы пирита и галенита, так же как и для медно-порфирового оруденения, что отражает взаимодействие флюидом рудного вещества из докембрийских осадочных комплексов.

Медистые песчаники и сланцы Ороекской зоны, по современной классификации [Hitzman et al., 2010], относятся к типу, для которого свойственны трансгрессивный тип рудовмещающего разреза, морские либо субмаринные условия осадконакопления, расположение красноцветных отложений в основании меденосных пачек, наличие горизонтов, обогащенных органическим углеродом и являющихся восстановителем для обогащенных медью рассолов. К нему принадлежит также большинство крупнейших месторождений медистых песчаников и сланцев. По отечественной классификации [Справочное пособие..., 1990], это “джезказганский”, “мансфельдский”, “замбийский”, “ангаро-ленский” “типы меденосных формаций”.

## ВЫВОДЫ

Разнообразие геолого-генетических и морфологических типов существенно отличает медные и полиметаллические руды ПТ от минерализации других металлов, прежде всего золота. Причина заключается в том, что рудные концентрации Cu,

**Таблица 3.** Этапы формирования медного и полиметаллического оруденения Приколымского террейна  
**Table 3.** Stages of forming of base-metals mineralization of the Kolyma terrane

Этап	Геодинамические события [Парфенов и др., 2009]	Индикаторные СВК	Геолого-генетический тип оруденения
RF <sub>2-3</sub>	Начало распада Пангеи, формирование Верхоянской пассивной окраины Северо-Азиатского кратона, рифтогенез	Субаркозовые песчаники, сланцы, толеиты	Медистые песчаники и сланцы
D <sub>1</sub> -C <sub>1</sub>	Возобновление развития Верхоянской пассивной окраины, рифтогенез	Красноцветы, толеитовые и субшелочные базальты, пикриты, габбро	—
		Шельфовые терригенно-карбонатные отложения	Стратиформные Pb-Zn в карбонатных толщах
J <sub>3</sub> -K <sub>1</sub>	Амальгамация террейнов, образование Колымо-Омолонского супертеррейна и УЯВП	Вулкано-плутонические ассоциации известково-щелочного состава	Медно-порфировые, жильные Cu-Pb-Zn-Ag

Pb, Zn формировались неоднократно, на протяжении нескольких этапов геодинамического развития террейна (табл. 3). На фоне длительных эпох медленного растяжения (“рассеянный рифтогенез”, по М.Д. Булгаковой [1991], благоприятных для образования медистых песчаников и стратиформных Pb-Zn руд, происходили краткие эпизоды субдукционного сжатия, индикатором которых стал УЯВП, отмеченный формированием медно-порфировых систем. На каждом крупном геохронологическом уровне проявлены объекты одного геолого-генетического типа, а ряд этих типов, сменяющих друг друга в геологическом времени – *SHC* (средний–верхний рифей) → *MVT* (средний палеозой) → *PCD* (поздний мезозой) – отражает, в первом приближении, геодинамическую эволюцию Приколымского террейна [Шпикерман, 1998; Тектоника..., 2001]. Отчетливо проявлена закономерная взаимная смена сингенетической минерализации вначале эпигенетической стратиформной и далее жильно-прожилковой. Как отмечалось нами ранее [Глухов, 2014], оруденение Приколымья наследует геохимическую специализацию вмещающих комплексов. Объяснение этому заключается в чешуйчато-надвиговой структуре ПТ, которая оставалась мобильной на протяжении всей геологической истории террейна [Глухов и др., 2012], следствием чего стала неоднократная реювенация рудного вещества.

Отдельно затронем вопрос о возможной экономической значимости медно-полиметаллической минерализации Приколымья. При отсутствии крупных сквозных (т.е. пересекающих и соединяющих разновозрастные и разноглубинные уровни литосферы) – глубинных, по И.Н. Томсону с соавторами [1984], разломов, перераспределение вещества происходило ступенчато, от уровня к уровню, с унаследованием на каждом новом уровне черт предыдущего. В такой ситуации рудокон-

центрирование уступало место диссипации (разубоживанию). Следует оговориться, что такая диссипация отнюдь не противоречит “первому закону рудообразования” Л.Н. Овчинникова [1986]: “*рудообразование есть переход металлов от рассеяния к концентрации*”. Минерализация, при отсутствии основной, “магистральной” рудоконтролирующей структуры, концентрируется на множестве “частных” структурных и литологических (надвиговые пластины) барьеров, формируя разрозненные скопления. Каждое из них в отдельности может обладать высоким кларком концентрации, однако во сколько-нибудь значимом объеме геологического пространства средние содержания полезного компонента оказываются низкими и не достигают промышленных кондиций. Ранее исследователями уже подмечалось, что “...реювенация и связанный с этим рециклинг вещества земной коры способны породить... рудные объекты преимущественно мелкого и среднего масштаба” [Абрамович, 1998, с. 124]. По этой причине вероятность выявления на Приколымье промышленно значимых месторождений цветных металлов оценивается нами как низкая.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамович И.И. (1998). Геодинамика и мантийные коры рудных формаций. М.: МПР, Геокарт, 140 с.  
 Беус В.А. (1992). Возраст и геолого-петрохимические особенности метаморфических ортопород Приколымского докембрийского комплекса. *Региональная геодинамика и стратиграфия Азиатской части СССР*. Л.: ВСЕГЕИ, 65-85.  
 Булгакова М.Д. (1991) Ранний-средний палеозой Северо-Востока СССР (седиментологический анализ). Якутск, ЯНЦ СО АН СССР, 104 с.  
 Глухов А.Н. (2009). Золото-серебряное оруденение Центрального Приколымья. *Отеч. геология*, (1), 35-43.  
 Глухов А.Н. (2014) Геохимическая специализация верх-

- непротерозойских комплексов Приколымского террейна. *Тихоокеан. геология*, **33**(3), 29-38.
- Глухов А.Н., Гладков А.С., Кошкарёв Д.А., Лунина О.В. (2012) Тектонофизические критерии геодинамической эволюции Приколымского террейна (Северо-Восток России). *Геодинамика и тектонофизика*, **3**(4), 361-375.
- Глухов А.Н., Тюкова Е.Э. (2013) Перспективы развития минерально-сырьевой базы меди Магаданской области. *Руды и металлы*, (5), 21-33.
- Глухов А.Н., Фомина М.И. (2015) Новые данные о стратиформной полиметаллической минерализации в карбонатных толщах Приколымского террейна. *Отеч. геология*, (3), 37-44.
- Горячев Н.А. (1998) Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 210 с.
- Грабежев А.И., Сотников В.И., Чашухина В.А. (1989) Изотопный состав серы сульфидов медно-порфировых месторождений Урала. *Геохимия*, (10), 1508-1511.
- Давыдов Ю.В. (1997) Металлогенические этапы формирования стратиформного оруденения Якутии. *Отеч. геология*, (9), 12-15.
- Давыдов Ю.В. (2001) Эпигенез карбонатных пород в системе "рудная залежь-вмещающие породы" на стратиформных свинцово-цинковых месторождениях (Саха-Якутия). *Геология и геофизика*, **42**(3), 427-434.
- Давыдов Ю.В., Чиряев А.Г., Костин А.В., Соболев А.Е. (1988) Стратиформное оруденение Якутии (свинец, цинк, медь). *Стратиформное оруденение Якутии*. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 5-24.
- Зеленова О.И., Комарова Г.В. (1977) Постседиментационные изменения красноцветных континентальных отложений в различных гидрогеологических условиях. *Континентальный и прибрежно-морской литогенез*. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1977, 89-94.
- Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. (1986) Медно-порфировые месторождения мира. М.: Недра, 236 с.
- Кутырев Э.И. (1984) Геология и прогнозирование согласных месторождений меди, свинца и цинка. Л.: Недра, 248 с.
- Овчинников Л.Н. (1986) Геохимические основы поисков рудных месторождений. *Геохимия в локальном металлогеническом анализе*. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 3-4.
- Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртгоо О., Янь Х. (2003) Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии. *Тихоокеан. геология*, **22**(6), 7-41.
- Перельман А.И. (1989) Геохимия. М.: Высш. школа, 528 с.
- Рундквист Д.В. (1993). Эпохи реювенации докембрийской коры и их металлогеническое значение. *Геология рудн. месторождений*, **35** (6), 467-492.
- Соколов С.Д. (2010) Очерк тектоники Северо-Востока Азии. *Геотектоника*, (6), 60-78.
- Справочник по литологии. (1983) Под ред. Н.Б. Вассовича, В.Л. Либровича, Н.В. Логвиненко, В.И. Марченко. М.: Недра, 509 с.
- Справочное пособие по стратиформным месторождениям. (1990) Под ред. Л.Ф. Наркелюна, А.И. Трубачева. М.: Недра, 391 с.
- Строна П.А. (1978) Главные типы рудных формаций. Л.: Наука, 199 с.
- Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). (2001) М.: МАИК "Наука/Интерпериодика", 571 с.
- Томсон И.Н., Кочнева Н.Т., Кравцов В.С. (1984) Металлогения скрытых линейментов и концентрических структур. М.: Недра, 190 с.
- Шпикерман В.И. (1998) Домеловая минерализация Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 333 с.
- Шпикерман В.И., Шпикерман Л.А. (1996) Протерозойские медистые песчаники и сланцы Приколымья. *Стратиформное оруденение осадочных и вулканогенно-осадочных формаций Северо-Востока Азии*. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 35-44.
- Hedenquist J.W., Garcia Jr. (1990) Sulfur isotope systematics in the Lepanto mining district, Northern Luzon, Philippines. *Mining Geol.*, **33**, 67.
- Hitzman M.W., Selley D., Bull S. (2010) Formation of Sedimentary Rock-Hosted Stratiform Copper Deposits through Earth History. *Econ. Geol.*, **105**, 627-639.
- Leach D.L., Bradley D., Lewchuk M.T., Symons D.T., Marsily G., Brannon J. (2001) Mississippi valley-type lead-zinc deposits through geological time: Implications from recent age-dating research. *Miner. Depos.*, **36**(8), 711-740.
- Sillitoe R.H. (2009) Porphyry Copper Systems. *Econ. Geol.*, **105**, 3-41.

## REFERENCES

- Abramovich I.I. (1998) *Geodinamika i mantiynye korni rudnykh formatsii* [Geodynamic and mantle roots of the ore formations]. Moscow, Geokart Publ., 140 p. (In Russian)
- Beus V.A. (1992) Age and geochemistry of metamorphosed igneous rocks of the Kolyma Precambrian complex. *Regional'naya geodinamika i stratigraphiya Aziatskoi chasti USSR* [Regional Geodynamics and Stratigraphy of Asia part of the USSR]. Leningrad, VSEGEI Publ., 65-85. (In Russian)
- Bulgakova M.D. (1991) Rannii-Srednii paleozoi Severo-Vostoka SSSR (sedimentologicheskii analiz) [Early-Middle Paleozoic of North-Eastern of USSR (sedimentological analysis). Yakutsk, YaSC SB AN USSR, 104 p. (In Russian)
- Davydov Yu.V. (1997) Metallogenic stages of forming of stratiform mineralization of Yakutia. *Otechestvennaya Geologiya*, (9), 11-15. (In Russian)
- Davydov Yu.V. (2001) Epigenesis of carbonate rocks in the system orebody-host rocks at stratiform lead-zinc deposits in the Sakha Republic (Yakutia). *Russ. Geol. Geofis.*, (3), 427-433.
- Davydov Yu.V., Chir'ayev A.G., Kostin A.V., Sobolev A.E. (1988) Stratiform mineralization of the Yakutia (lead, zinc, copper). *Stratiformnoe orudnenie Yakutii* [Stratiform mineralization of the Yakutia]. Yakutsk, Siberia branch of Akad Nauk. SSSR, 5-24. (In Russian)
- Glukhov A.N. (2009). Gold-silver mineralization of the Central Kolyma region. *Otech. Geol.*, (1), 35-43. (In Russian)
- Glukhov A.N. (2014) Geochemical Specialization of the Upper Proterozoic Comcomplexes of the Kolyma Terrane in Northeast Russia. *Tikhookean. Geol.*, **33**(3), 29-38. (In Russian)

- Glukhov A.N., Gladkov A.S., Koshkarev D.A., Lunina O.V. (2012) Tectonophysical evidences of geodynamic evolution of the Prikolyma terrain (Northeastern regions of Russia). *Geodynam. Tectonophys.*, **3**(4), 361-375. doi:10.5800/GT2012340079.
- Glukhov A.N., Tyukova E.A. (2013) The prospectives of developing of the mineral resources of copper of Magadan region. *Rudy i Metally*, (5), 21-33. (In Russian)
- Glukhov A.N., Fomina M.I. (2015) New data about stratiform zinc-lead mineralization in carbonate rocks of Kolyma terrane. *Otech. Geol.*, (3), 37-44. (In Russian)
- Goryachev N.A. (1998) *Geologiya mezozoiskikh zolotokvartsevykh zhil'nykh poyasov Severo-Vostoka Azii* [Geology of Mesozoic gold-quartz vein belts of North-East of the Asia]. Magadan, SVKNII DVO RAN Publ., 210 p. (In Russian)
- Grabezhev A.I., Sotnikov V.I., Chashchukhina V.A. (1989) Sulfur Isotopic composition of porphyry-copper deposits of the Urals. *Geokhimiya*, (10), 1508-1511. (In Russian)
- Hedenquist J.W., Garcia Jr. (1990) Sulfur isotope systematics in the Lepanto mining district, Northern Luzon, Philippines. *Mining Geol.*, **33**, 67.
- Hitzman M.W., Selley D., Bull S. (2010) Formation of Sedimentary Rock-Hosted Stratiform Copper Deposits through Earth History. *Econ. Geol.*, **105**, 627-639.
- Krivtsov A.I., Migachev I.F., Popov V.S. (1986) *Medno-porfirovyye mestorozhdeniya mira* [Porphyry-copper deposits of the world]. Moscow, Nedra Publ., 236 p. (In Russian)
- Kutyrev E.I. (1984) *Geologiya i prognozirovanie soglasnykh mestorozhdenii medi, svintsa i tsinka* [Geology and forecasting of stratiform deposits of the copper, lead and zinc]. Leningrad, Nedra Publ., 248 p. (In Russian)
- Leach D.L., Bradley D., Lewchuk M.T., Symons D.T., Marsily G., Brannon J. (2001) Mississippi valley-type lead-zinc deposits through geological time: Implications from recent age-dating research. *Miner. Depos.*, **36**(8), 711-740.
- Ovchinnikov L.N. Geochemical basics of mineral exploration. *Geokhimiya v lokal'nom metallogenicheskom analize* [Geochemistry in local metallogenetic analysis]. Novosibirsk, Siberia branch of AS USSR Publ., 3-4. (In Russian)
- Parfenov L.M., Berzin N.A., Khanchuk A.I., Badarch G., Belichenko V.G., Bulgatov A.N., Dril' S.I., Kirillova G.L., Kuzmin M.N., Nokleberg W., Prokop'ev A.V., Timofeev V.F., Tomurtgoo O., Yan' H. (2003), A model for formation of orogenic belts in Central and North-East Asia. *Tikhookean. Geol.*, **22**(6), 7-41. (In Russian)
- Perel'man A.I. (1989) *Geokhimiya* [Geochemistry]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 528 p. (In Russian)
- Rundkvist D.V. (1993) Timing of recycling of Precambrian Earth crust and metallogenic significance of that. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **35**(6), 467-492. (In Russian)
- Sillitoe R.H. (2009) Porphyry Copper Systems. *Econ. Geol.*, **105**, 3-41.
- Sokolov S.D. (2010) Tectonic of Northeast Asia: an overview. *Geotectonics*, **44**(6), 493-509.
- Shpikerman V.I., Shpikerman L.A. (1996) Proterozoic copper sandstones and shales of Prikolym'e. *Stratiformnoe orudenenie osadochnykh i vulkanogenno-osadochnykh formatsii Severo-Vostoka Azii* [Stratiform mineralization of sedimentary and volcanic-sedimentary formations in Northeast Asia]. Magadan, SVKNII DVO RAN, 35-44. (In Russian)
- Shpikerman V.I. (1998) Domelovaya minerageniya Severo-Vostoka Azii [Pre-Cretaceous Minerageny of Northeast Asia]. Magadan, SVKNII DVO RAN, 333 p. (In Russian)
- Spravochnik po litologii* [Lithology: A handbook] Eds N.B. Vassoevich, V.L. Librovich, N.V. Logvinenko, V.I. Marchenko. (1983) Moscow, Nedra Publ., 509 p. (In Russian)
- Spravochnoe posobie po stratiformnym mestorozhdeniyam* [Stratiform mineral deposits: A handbook]. Eds L.F. Narkelyun, A.I. Trubachev. (1990) Moscow, Nedra Publ., 391 p. (In Russian)
- Strona P.A. *Glavnye tipy rudnykh formatsii* [The main types of Ore formations]. Leningrad, Nauka Publ., 199 p. (In Russian)
- Tektonika, geodinamika i metallogeniya respubliki Sakha (Yakutiya)* (2001) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the Sakha Republic (Yakutia)]. Moscow, MAIK "Nauka/Interperiodica" Publ., 571 p. (In Russian)
- Tomson I.N., Kochneva N.T., Kravtsov V.S. (1984) *Metallogeniya skrytykh lineamentov i konsentricheskikh struktur* [Metallogeny of proposed lineaments and concentric structures]. Moscow, Nedra Publ., 190 p. (In Russian)
- Zelenova O.I., Komarova G.V. (1977) Postsedimentary alterations of red-bed continental deposits in the different gidrogeological conditions. *Continental'nyi i pribrezhno-morskoi litogenez* [Continental and coastal-marine lithogenesis]. Novosibirsk, Siberia branch of AN USSR, 5-24. (In Russian)