

С. И. ТРУШИН (АО «Полиметалл УК»),
В. Е. КИРИЛЛОВ (ООО «Ресурсы Албазино»),
В. В. ИВАНОВ, Е. А. НОЗДРАЧЁВ (ДВГИ ДВО РАН)

Вулканогенно-кремнистый комплекс района Албазинского золоторудного поля (Хабаровский край, Россия)

В статье характеризуется стратиграфия Албазинского рудного поля (район им. П. Осипенко Хабаровского края), петрографические и минералого-геохимические особенности пород марганценоносной вулканогенно-кремнистой формации, которые вмещают прожилковое золотое оруденение. Рассмотрена роль литологического фактора контроля локализации рудной минерализации.

Ключевые слова: Албазинское рудное поле, вулканогенно-кремнистая формация, литологический фактор, золото, марганец.

S. I. TRUSHIN (Polymetal Joint-Stock Company),
V. E. KIRILLOV (Company Resources of Albazino),
V. V. IVANOV, E. A. NOZDRACHEV (FEGI FEB RAS)

Volcanogenic-siliceous complex of Albazino gold field (Khabarovsk Territory, Russia)

The paper summarizes data concerning stratigraphy of the Albazino ore field (Polina Osipenko district, Khabarovsk Territory), and petrographic, mineralogical, geochemical features of the manganese volcanogenic-siliceous formation that hosts vein gold mineralization. Significance of lithological factor for gold localization is discussed.

Keywords: Albazino ore field, volcanogenic-siliceous formation, lithological factor, gold, manganese.

Как цитировать эту статью: Трушин С. И. Вулканогенно-кремнистый комплекс района Албазинского золоторудного поля (Хабаровский край, Россия) / С. И. Трушин, В. Е. Кириллов, В. В. Иванов, Е. А. Ноздрачёв // Региональная геология и металлогения. — 2019. — № 79. — С. 68–76.

Введение. В районе Албазинского рудного поля, включающего одноименное месторождение, и его ближнего обрамления среди терригенных образований юрского возраста выделен характерный комплекс пород вулканогенно-кремнистой формации, содержащий спилиты, углеродистые алевролиты и марганецсодержащие кремнисто-глинистые породы (далее — КГП) (рис. 1). Предполагается, что геохимическая специализированность этого комплекса на ряд элементов, в том числе Au, могла способствовать золотому рудогенезу. Кроме того, кремнистые и вулканические породы играли роль факторов вещественного литологического контроля (геохимических и литологических барьеров) ввиду их петрогеохимической контрастности, петрофизической неоднородности, высокой вязкости и слабой проницаемости для гидротермальных растворов.

В статье впервые описываются петрография и петрогеохимия пород, входящих в кремнисто-вулканогенную ассоциацию, и рассматривается их роль в локализации золотого оруденения Албазинского месторождения.

Картирование образований кремнисто-вулканогенного комплекса осуществлялось в ходе

маршрутов детального масштаба и документации дорожных врезов и горных выработок, с учетом данных бурения.

Для характеристики петрографического, минералогического и элементного составов типовых образцов были применены световая микроскопия (поляризационные микроскопы Carl Zeiss Axioplan 2 в ДВГИ ДВО РАН, ПОЛАМ в АС «Восток» и Leica Microsystem CMS GmbH в СПбГУ), аналитическая сканирующая (растровая) электронная микроскопия в сочетании с локальным энергодисперсионным анализом (Tescan LYRA 3 XMH, VEGA 3 и JEOL JSM-6490 LV в ДВГИ и ИТиГ ДВО РАН), атомно-эмиссионная спектрометрия и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (Thermo Scientific iCAP 7600 ICP-OES Agilent 7500 ICP-MS в ДВГИ и ИТиГ ДВО РАН), эмиссионный спектральный анализ пород (ЦАЛ ХФ Полиметалл УК, Хабаровск), рентгенофлуоресцентный анализ на спектрометре Bruker S4 Pioneer (ДВГИ ДВО РАН), атомно-абсорбционная спектрофотометрия на спектрометре Shimadzu AA-6800, атомно-абсорбционная спектрометрия на основе эффекта Зеемана на анализаторе ртути RA-915+ с приставкой

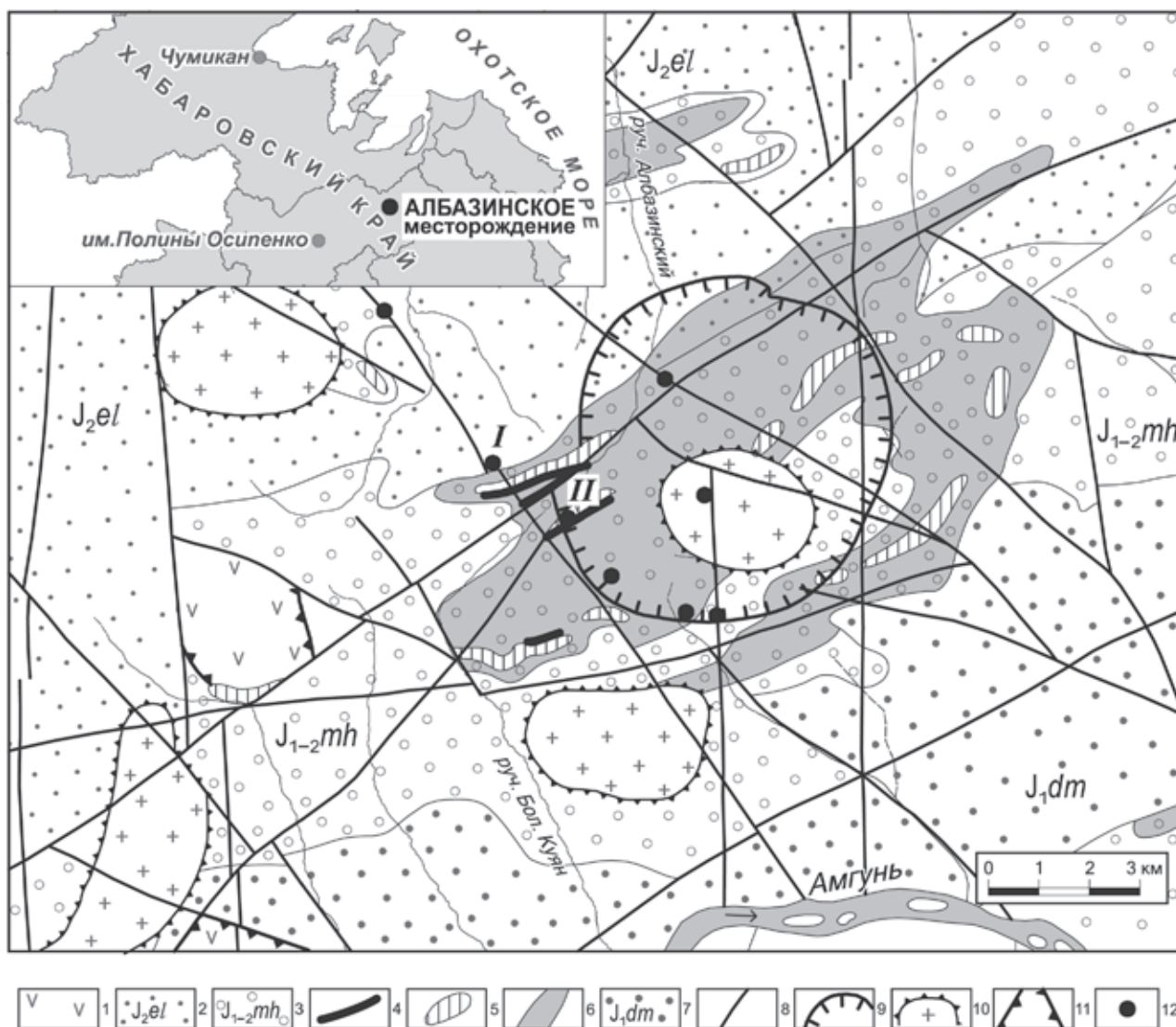


Рис. 1. Распространение вулканогенно-кремнистого комплекса в районе Албазинского рудного поля (по [6] с добавлениями)

1 – вулканиды позднемелового возраста; 2–7 – седиментолиты и вулканиды юрского возраста: 2 – эльгонская свита, 3 – михалицынская свита, 4 – спилиты, 5 – участки распространения кремнисто-глинистых пород, 6 – участки распространения углеродистых алевролитов, 7 – демьяновская свита; 8 – разрывные нарушения; 9 – граница предполагаемой палеокальдеры по геофизическим данным; 10 – интрузивно-купольные структуры позднемелового возраста; 11 – предполагаемые границы палеовулканоструктур; 12 – рудные зоны (I – Анфисинская, II – Ольгинская) и рудопроявления

ПИРО-915+ методом пиролиза (ТОИ ДВО РАН). Рентгенофазовый анализ осуществлялся методом скользящего пучка на дифрактометре RIGAKU MiniFlex II (ДВГИ ДВО РАН).

Район Албазинского рудного поля принадлежит Ульбанскому террейну Монголо-Охотского орогенного пояса. Геологические особенности района отражают события, происходившие в мезозое при аккреции юрских окраинно-континентальных шельфовых и турбидитовых комплексов к Северо-Азиатскому кратону и Монголо-Охотскому поясу [7].

Образования вулканогенно-кремнистого комплекса встречаются в различных частях района в бассейнах рек Амгуни, Сомни и Омала [5, 8], а также в более южных районах [2]. Они входят в состав демьяновской (J_{1dm}), михалицынской

(J_{1-2mh}) и тохареуской (J_{2th}) осадочных свит юрского возраста, а также алевролитовой толщи волжского возраста верхней юры (J_3v).

Вероятнее всего, вулканогенно-кремнистый комплекс формировался в локальных прогибах, о чем говорит его закономерная приуроченность к алевролитовым толщам. В этих толщах породы комплекса занимают незначительный их объем (10–20 %), причем вулканические образования встречаются реже других или совсем отсутствуют. Вулканические (спилиты и диабазы) и кремнистые породы образуют непротяженные ленточные горизонты значительно варьирующей мощности (1–50 м), характеризующиеся значительной фациальной изменчивостью, и, как и другие образования юрского возраста, участвуют в региональной складчатости.

Породы вулканогенно-кремнистой ассоциации изучаемой площади специализированы на марганец, наиболее значительные концентрации которого отмечены в басс. р. Сомня, в 60 км к востоку от Албазинского рудного поля. Возраст толщи здесь установлен как верхнеюрский по радиоляриям и отнесен к волжскому ярусу. Толща состоит из диабазов и их туфов, с которыми сопряжены глинисто-кремнистые и кремнистые породы. В последних отмечаются горизонты протяженностью до 300 м и мощностью до 5 м прожилково-полосчатых марганцевых руд с браунитом, псиломеланом и пиролюзитом, содержащие MnO до 16–19 %.

Вещественные особенности вулканогенно-кремнистого комплекса. Албазинское месторождение, в настоящее время активно разрабатываемое АО «Полиметалл», находится на левобережье р. Амгунь, в районе им. П. Осипенко Хабаровского края. Месторождение приурочено к приосевой части Омальского горст-антиклинария и локализовано в западной части глубоко эродированной палеокальдерной вулканоструктуры (рис. 1). В ее пределах покровные и жерловые фации вулканитов практически полностью эродированы, сохранились лишь корневые части вулканических аппаратов, представленных образованиями дайковой и субвулканической фаций преимущественно умеренно кислого состава [6].

Золоторудные зоны приурочены к разломным структурам растяжения во внутренней, прибортовой части терригенного основания палеокальдеры. Оруденение золото-сульфидно-кварцевой формации проявлено в песчаниках и секущих их дайках умеренно кислого состава. Наиболее значительные концентрации металла тяготеют к центральным частям ореолов березитизации, где связаны с линейными штокверками сульфидоносных кварцевых и кварц-карбонатных прожилков. Значительная часть золота ассоциирована с арсенипитомом.

В пределах Албазинского рудного поля стратифицированные образования относятся к трем классам пород – терригенным, биохемогенным и вулканогенным. Они входят в состав двух свит: *михалицынской* (чередующиеся песчаники, в меньшей мере алевропесчаники и алевролиты, углеродистые алевролиты, аргиллиты, часто в переслаивании с маломощными невыдержанными прослоями и линзами седиментационных брекчий и микститов, невыдержанными по мощности горизонтами спилитов и кремнисто-глинистых пород);

эльгонской (песчаники разнозернистые с линзами гравелитов, прослоями алевролитов).

Ранне-среднеюрский возраст михалицынской свиты подтвержден находками аммонитов на левобережье р. Амгунь, в 1,5 км ниже устья руч. Бол. Наильдин. Среднеюрский возраст эльгонской свиты обоснован ее залеганием на фаунистически охарактеризованных ранне-среднеюрских отложениях и перекрытием фаунистически

охарактеризованными среднеюрскими образованиями тохареуской свиты [8].

Биохемогенные и вулканогенные породы образуют в михалицынской свите несколько чередующихся горизонтов, которые выполняли, вероятно, мульдообразное погружение диаметром около 10–12 км. Они представлены преимущественно КГП и палеотипными базальтами (спилитами). Спилиты тяготеют к западной части мульдообразной структуры.

Разрез стратифицированных пород в восточной части Анфисинской рудоносной зоны является наиболее полным для всего Албазинского рудного поля. Задокументированный по коренному врезу в стенке карьера и с учетом данных по канавам и скважинам, он включает (снизу вверх):

1) песчаники мелкозернистые с маломощными горизонтами темных алевролитов. В верхах песчанниковой толщи количество горизонтов алевролитов заметно увеличивается;

2) углеродистые алевролиты, переслаивающиеся с мелкозернистыми песчаниками, линзами седиментационных брекчий (мощность 5–10 м);

3) красноватые спилиты мощностью около 1–1,5 м;

4) зеленоватые КГП мощностью в 30–40 м;

5) спилиты пятнистой окраски мощностью 12–15 м;

6) маломощный горизонт яшмоидов и красноватых КГП (примерно 1,5 м);

7) серые, красноватые и бурые кремнисто-глинистые породы, местами обогащенные гидроокислами марганца, с редкими железомарганцевыми конкрециями и хлоритизированными вулканическими палеобомбами спилитов (около 30 м);

8) песчаники в переслаивании с алевролитами (около 10 м);

9) кремнисто-глинистые породы серого и бурого цветов (около 20 м);

10) серо-зеленоватые спилиты с миндалекаменной текстурой мощностью 5–8 м;

11) серо-буроватые КГП (около 15 м);

12) плотные серо-зеленоватые афанитовые спилиты мощностью 5–7 м;

13) КГП сургучного цвета с палеобомбами спилитов (около 25 м);

14) перекрывающая толща песчаников.

Мощность толщи кремнисто-глинистых пород со спилитами в разных частях рудного поля – от 80 до 230 м. В большинстве случаев они подстилаются углеродистыми алевролитами. Мощность горизонтов КГП заметно варьирует ввиду пликативной дислоцированности пород и их выклинивания по латерали, достигая 50 м при среднем размахе от 15 до 30 м. Спилиты представлены преимущественно покровной фацией вулканитов. Большинство их горизонтов тоже имеют невыдержанную мощность от первых метров до 20 м, на локальных интервалах до 40 м.

Контакты кремнистых пород с подстилающими и перекрывающими песчаниковыми

отложениями нормальные стратиграфические и без признаков структурного несогласия. Иногда отмечается угловое несогласие. Местами наличие интенсивного рассланцевания на контактах пород позволяет предположить возможность аллохтонного залегания некоторой части стратифицированных пачек.

Все перечисленные породы тектонически нарушены, а более палеопластичные из них (алевролиты, кремнисто-глинистые породы) были интенсивно будинированы вдоль мощных крутопадающих разрывных нарушений северо-восточного простирания.

Кремнисто-глинистые породы образуют горизонты варьирующей мощности, отличающиеся неоднородностью окрасок (красноватые, серые, зеленоватые). В них иногда отмечаются плотные корки и железомарганцевые конкреции бугристой и овально-правильной форм диаметром до 35 см. Участки, обогащенные марганцевыми минералами, образуют в КГП уплощенные линзы длиной несколько метров и мощность десятки сантиметров. На участках гидротермальных изменений заметны признаки перераспределения ранней марганцевой минерализации.

Изначально порода представляла собой глинистые осадки с примесью псаммитового материала и радиоляриевые илы с высоким содержанием кремнезема. Эти КГП сложены главным образом халцедон-кварцем (до 25–30 % и более), серицитом (продукт метаморфизма глинистого вещества, до 20–25 %), а также хлоритами (до 35–40 %) и другими глинистыми минералами (недиагностируемый пелитовый материал, до 10–12 %) и карбонатами (8–10 %). По их соотношению различаются кремнистые, глинистые, в том числе обогащенные хлоритами разновидности.

Кроме того, в породе эпизодически встречаются скопления углеродистого материала (до 6–15 %), марганцевых образований, гематита, глауконита и лейкоксена. Редко фиксируются монацит, барит и оксиды хрома. Среди типичных для пород гипергенных охристых новообразований (корок, пленок, присыпок) установлены оолитовые формы развития гидрооксидов железа, в которых встречаются единичные микропластинки марганецсодержащего (Mn 8,6 %) гематита.

Местами в тканях породы (до 20 % объема породы) встречаются затушеванные (замещенные тонким опал-халцедон-кварцевым агрегатом) реликты радиолярий диаметром 0,06–0,3 мм округлой или овальной форм концентрически-зонального строения, а также спикул губок и редких остатков мшанок.

Значительная часть кремнистых пород была нарушена в ходе седиментогенеза и представляет собой толщу олистолитов в олистостромовом комплексе. Их образование можно синхронизировать с формированием вулканогенной мульды в период базальтового подводного вулканизма и оползневыми процессами на склонах этой мульды.

Структура породы реликтовая пелитоморфная, лепидобластовая и гранолепидобластовая. Текстура реликтовая слоистая, сланцеватая, брекчиевидная. Обычно слои имеют разные цвет, структуру и состав.

Отдельные разности кремнистых КГП представляют собой красновато-бурую микрозернистую породу, которую можно отнести к глинистой яшме. Ткань породы сложена в основном кварц-халцедоновой массой, неравномерно пигментированной красновато-бурыми оксидами и гидрооксидами железа.

В пределах рудного поля КГП в разной степени гидротермально изменены – каолинизированы и пронизаны кварцевыми, халцедоновыми и карбонатными прожилками. Рудные минералы представлены весьма редкими зернами самородного серебра (?) и вкрапленниками сильно окисленных пирита и арсенопирита. В халцедоновых, серицит-гидросерицит-халцедоновых и карбонатных прожилках пирит образует неравномерную, местами густую, вкрапленность.

Марганцевая минерализация (иногда в ассоциации с лимонитом и лейкоксеном) развивается в КГП в виде линз, прожилковидных бесформенных масс и просечек на границах развития халцедона и глинисто-слюдистых минералов. Буровато-черные оксиды марганца заполняют осевые пустоты в некоторых кварцевых встречно-шестоватых микропрожилках кварца. В зоне окисления пород полости самых поздних трещин, секущих густую сеть кварцевых, кварц-пирролюзитовых, ярозит(?)–лимонит-кварцевых, слюдистых и карбонатных прожилков и просечек, заполнены структурно- и текстурно-неоднородным материалом оксидов марганца.

По результатам рентгенофазового анализа, выполненного на дифрактометре RIGAKU MiniFlex II, среди марганцевых минералов в таких черных коротких прожилках установлены пирролюзит и диморфный ему рамсделлит, а также грутит (?).

Под сканирующим электронным микроскопом для прожилков пирролюзита (рис. 2, а) визуализировано разнообразие субмикроскопических кристаллически-зернистых, тонкопластинчато-щетковых (рис. 2, б) и волокнисто-лучеобразных форм агрегатов минералов. Присутствующие в некоторых случаях земляные обособления в сростании с зернисто-шестоватым пирролюзитом, по-видимому, могут быть отнесены к так называемым вадиту (ваду) и псиломелану – смеси оксидов и гидроксидов марганца, характерных для зоны окисления. В виде редких выделений в пирролюзитовых прожилках присутствуют микроскопические зерна самородного железа (возможно, как продукта восстановления гематита), галенита и киновари.

По данным рентгеноспектрального анализа, проведенного с помощью энергодисперсионного спектрометра, интегрированного со сканирующим электронным микроскопом, среди тонкозернистых кристаллических агрегатов

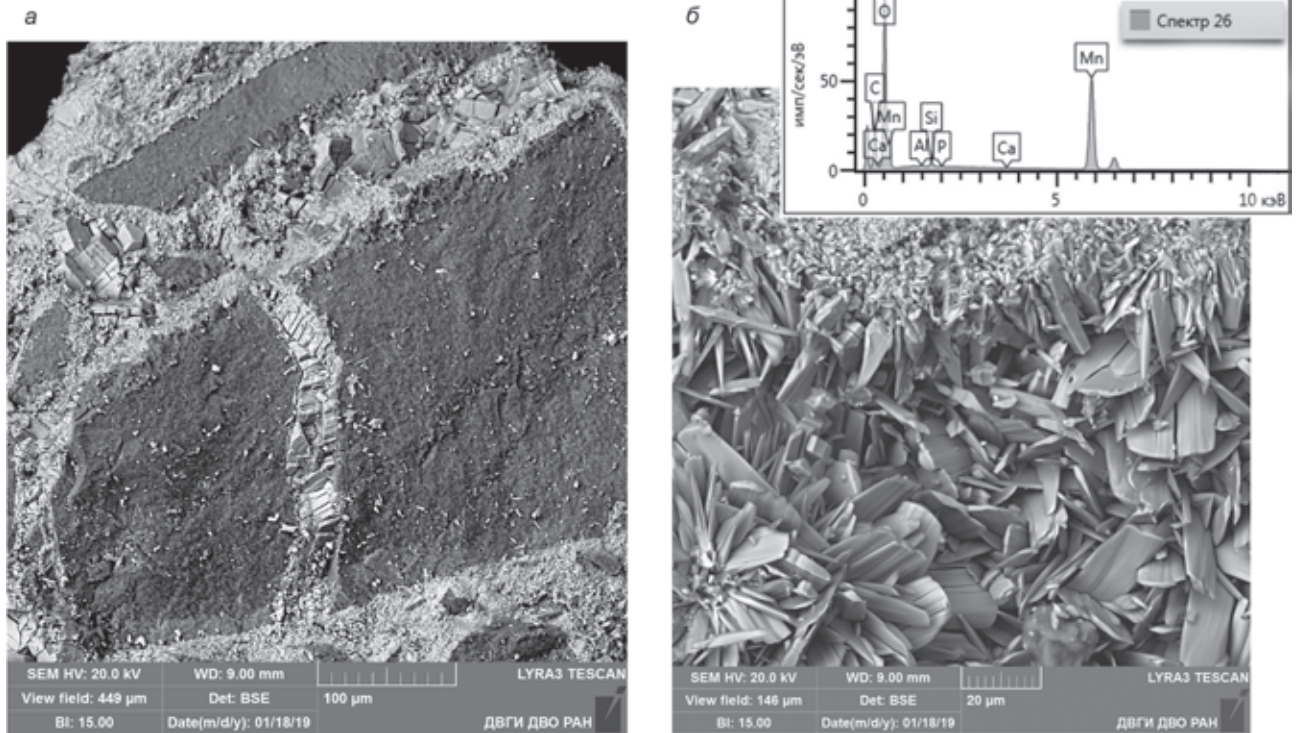


Рис. 2. Образец МА-4. Неоднородно зернистый агрегат пирохрота – рамделлита, выполняющего поздние трещины в кремнистом сланце, электронно-микроскопический снимок в отраженных электронах (а); сочетание листовато-щеткового и ультраоткозернистого агрегатов в пирохритовом микропрожилке (б)

с преобладающей марганцевой минерализацией фиксируется широкий круг примесей (на уровне 0,1–1,5 %) – К, Al, P, Mg, Ba, Fe, Ti, Zn, W, S, Vg и Cl, а также С (до 7,3 %) и Са (1,84–3,2 %). Перечисленные компоненты отражают присутствие в местах сосредоточения диоксида марганца, микрофаз различных алюмосиликатов (в том числе слоистых минералов), карбонатов, сульфатов, сульфидов, самородных элементов и, возможно, галогенидов. Исследование проб КГП на специализированном ртутном анализаторе показало повышенные содержания ртути 377–520 нг/г. Содержание MnO в агрегатах этих минералов составляет 48–50 %.

Можно предположить, что кремнистые породы сформировались в подводных условиях в период преимущественно биогенно-осадочного породообразования на фоне проявления вулканических процессов. Последующие диагенетические преобразования рентгеноаморфных осадков гидрооксидов и силикатов привели к возникновению различных глинистых минералов и тонкозернистых кремнистых пород [3].

По петрофизическим свойствам КГП, ввиду их невысокой компетентности, относились к неблагоприятным средам для инфильтрации через них металлоносных гидротермальных растворов.

Спилиты (пироксен-плагиоклазовые базальты, реже оливиновые базальтовые порфириты и андезибазальты палеотипного облика) слагают среди кремнистых пород и алевролитов горизонты протяженностью от нескольких сотен метров

до километра. Предполагается, что они участвовали в строении небольшого (диаметром около 1,5 км) базальтового палеовулкана в локальном прогибе-мульде на подводном морском материковом склоне. Спилиты представлены плотными и мелко-миндалекаменными разностями. На отдельных участках в них установлена подушечная (пиллоу) отдельность, характерная для лав, излившихся в подводных условиях. Миндалекаменная текстура характерна для верхних частей горизонтов палеолав. Детальное изучение показывает, что горизонты спилитов могут состоять из двух-трех последовательно наложенных палеопотоков лав, отличающихся по текстурным особенностям.

Спилиты повсеместно пропицитизированы, локально березитизированы и аргиллизированы. Вследствие хлоритизации и гематитизации их цвет варьирует в зеленых и красно-бурых тонах. Основными новообразованными минералами являются хлорит, серпентин, гидросерцит и карбонат.

Среди разновидностей спилитов преобладают афанитовые спилиты с интерсертальной и гиалопилитовой структурами. В них основной объем (35–60 %) породы сложен тонкими, беспорядочно расположенными микролитами альбитизированного основного плагиоклаза. На мелкие (до 0,1 мм) вкрапленники клинопироксена приходится 3–15 %. Реже встречаются оливинсодержащие спилиты с порфировой структурой, а также разности, предположительно отнесенные к дайковой фации с микро-лепидогранобластовой структурой.

В составе кремнисто-вулканогенного комплекса присутствуют переслаивающиеся с песчаниками алевролиты и алевропелиты (часто углистые, содержание углерода 7–26,8 %) с вкрапленниками реликтового циркона, а также поздних пирита и сфалерита. Текстура тонкообломочных пород реликтовая тонкослоистая, участками мелкоочковая и массивная, структура алевропелитовая и алевритовая.

Геохимические особенности вулканогенно-кремнистого комплекса. Кремнисто-глинистые породы, по данным рентгенофлуоресцентного анализа семи образцов, отличаются высокими содержаниями кремнезема (71,2–92,8 %) и варьирующими – Al_2O_3 (1,8–10,6 %), что коррелируется с количеством глинистых минералов. Для них характерны повышенные концентрации Fe_2O_3 (4,4–4,8 %) и MnO (1,36–3,36 %). Содержания K_2O и Na_2O невелики (соответственно 0,26–2,54 и 0,06–0,87 %), так же, как CaO (0,21–0,60 %), MgO (0,40–0,65 %) и TiO_2 (0,09–0,45 %).

Кремнисто-глинистые породы характеризуются, по данным масс-спектрометрии, кроме марганца, повышенными концентрациями Cu (до 120–220 г/т), Zn (до 100–120 г/т), Ag (0,2–0,6 г/т), As (40–70 г/т), V (45–133 г/т), Cr (80–230 г/т), Pb (до 785–804 г/т), а также Co , Ni , Mo , Sb , Bi и Ba . Содержание Pt – 1,75–14,08, Pd 0,79–3,41 мг/т, а остальных платиноидов не более долей миллиграмма на тонну. В низких и фоновых концентрациях отмечаются радиоактивные и редкие элементы. Ртуть содержится во всех разновидностях пород толщи, включая углистые алевролиты, примерно в одинаковых повышенных содержаниях – 1,63–2,71 г/т. Концентрации Au в пробах из КГП значительно варьируют от фоновых 0,63 мг/т до повышенных 32,6–46,5 мг/т в большинстве проб. По результатам атомно-абсорбционной спектрофотометрии трех проб КГП с микропрожилками пирролюзита и лимонита, содержания Au и Ag изменяются в пределах заметно повышенных значений (соответственно 60–180 и 300–600 мг/т).

В дислоцированных КГП с признаками кремнивого метасоматоза содержания петрогенных оксидов (кроме SiO_2) и элементов (включая Mn) ниже, что объяснимо их выносом в ходе наложенных процессов.

Углистые алевролиты отличаются от КГП заметно меньшими концентрациями кремнезема (SiO_2 63 %) и оксида марганца (0,21 %), при этом повышенными Al_2O_3 (14,5 %), MgO (1,62 %), K_2O и Na_2O (3,9 и 3,1 % соответственно). По данным ICP-MS, они характеризуются надфоновыми содержаниями золота (до 120 мг/т), сидерофильных (Fe , Co , Ni , Mn , Mg , Cr , Ti , V), халькофильных (Cu , Mo , Pb , Zn , As , Ga , Cd , Te) и ряда литофильных элементов (Ca , Ba , Sr , P , K , Sc , Rb). Концентрация Mn в углеродистых алевропелитовых породах в 2–3 раза выше, чем в псаммитовых. Относительно песчаников в углеродистых сланцах содержания P в 40 раз больше, Sr , Zn , Ni , V

в 7–15 раз, а Co в 4 раза. Относительно кремнисто-глинистых пород в углеродистых алевролитах в 3–10 раз больше Rb , в 4–20 раз больше Mg , в 2–7 раз больше Zr . Содержания редкоземельных элементов в углеродистых алевролитах заметно выше, чем в кремнисто-глинистых, что может быть связано с их сингенетичным накоплением в ходе осадкообразования. Золото в углеродистых алевролитах определено в количестве 12,4 мг/т, Pt 4,48 мг/т и Pd 3,41 мг/т.

Геохимические особенности спилитов данного объекта изучены недостаточно. Обращает внимание низкая концентрация в них золота, которая увеличивается (до 0,4 г/т) только в случае их гидротермального преобразования, сопровождающегося повышенной сульфидизацией.

Содержания элементов в различных типах пород вулканогенно-кремнистого комплекса и их разностях значительно варьирует, но в целом они заметно выше, чем в песчаниках.

В вулканогенно-кремнистой толще обогащение пород многими элементами (в основном сидерофильными и халькофильными) происходило неравномерно и отражало, вероятно, латеральную геохимическую зональность относительно центра эксгаляций и избирательные особенности концентрирования элементов разными типами пород. Особенности накопления марганца и меди демонстрируются на рис. 3, где видны ареалы элементов, корреспондирующие с площадями распространения кремнисто-глинистых пород и формами их складок.

Согласно корреляционному анализу, в ассоциацию элементов с высокими парными связями и коэффициентами корреляции (Кк) входят Mn , Co , Ni , Cu ($Mn \div Cu$ Кк = 0,65; $Mn \div Co$ Кк = 0,74; $Co \div Ni$ Кк = 0,76; $Co \div Cu$ Кк = 0,51). Примечательна корреляция Ag с Mn (Кк 95), Ag с Co (Кк 67) и Ag с Cu (Кк 62).

График на рис. 4 отражает поведение элементов, характерных для вулканогенно-кремнистой ассоциации, при рудогенной березитизации. При полнопроявленном метасоматозе все они выносятся в целом закономерно и устойчиво. Напротив, Au , Ag и ряд халькофилов (As , Sb) явственно привносятся. Например, содержания золота увеличивается с 0,005 до 4 г/т (т. е. в 800 раз), As с 15 до более чем 4700 г/т (более чем в 300 раз). Не исключена экстракция этих подвижных элементов при объемном метасоматозе из периферийных частей гидротермальных систем с их концентрированием в приразломных рудных зонах.

Основной закономерностью размещения оруденения в пределах Албазинского рудного поля является преимущественная приуроченность рудных тел к контрастному разрезу михалицынской свиты (рис. 5). В эльгонской свите тела металлоносных метасоматитов встречаются редко и, как правило, не имеют промышленно значимых параметров. Соответственно, предполагается, что гетерогенность разреза михалицынской свиты, а также наличие геохимических и петрофизических барьеров сыграли определяющую роль

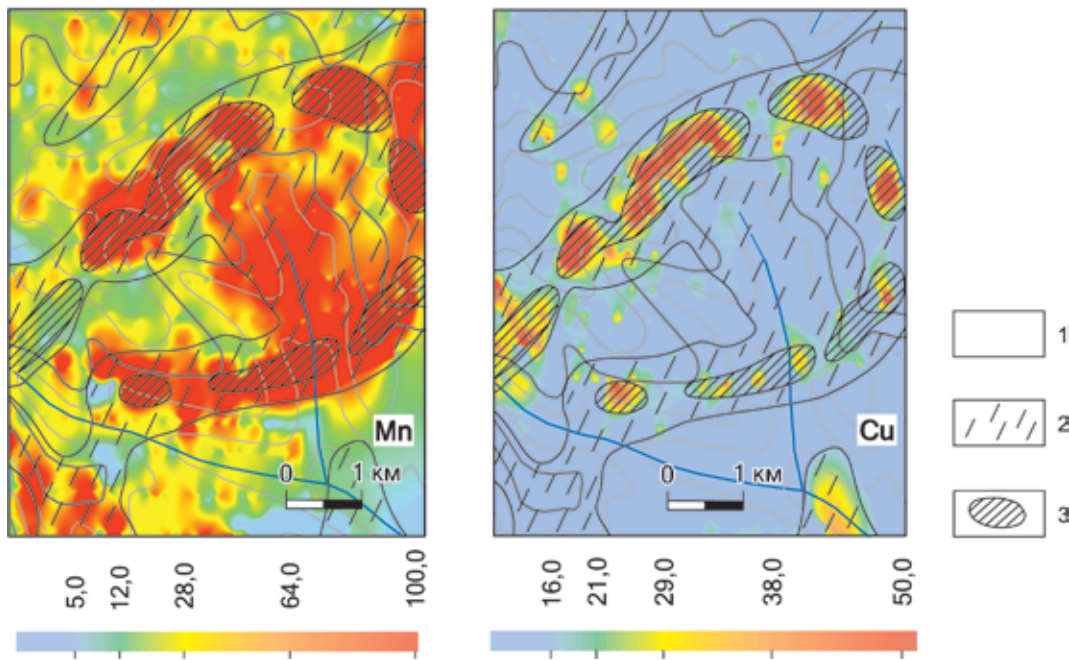


Рис. 3. Восточная часть Албазинского рудного поля
 Содержания Mn приведены в $n \times 10^{-3} \%$, Cu в $n \times 10^{-4} \%$. Горные породы: 1 – песчаники, 2 – алевролиты, в том числе углистые, 3 – кремнисто-глинистые

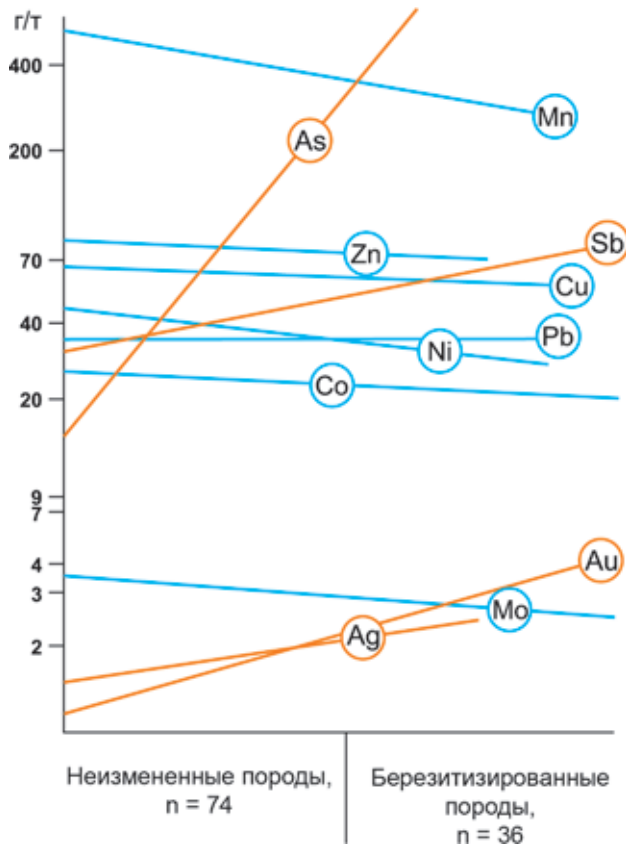


Рис. 4. Тренды поведения элементов в вулканогенно-осадочной толще в результате березитового метасоматоза
 Вертикальный масштаб содержаний элементов (г/т) логарифмический. 1 – неизменные и 2 – березитизированные породы

в локализации оруденения, которое, как правило, находится в песчаниках среди горизонтов кремнисто-глинистых пород и спилитов, где тяготеет к границам стратифицированных пачек. Спилиты и кремнисто-глинистые породы играют преимущественно роль экранов, и в них оруденение встречается реже.

Кроме того, важный литолого-структурный фактор локализации руд – дайки среднего и умеренно кислого составов, к приконтактовым частям которых приурочено оруденение.

Заключение. Описанная ассоциация биохемогенно-терригенных пород со спилитами имеет признаки глубоководной фации спилито-диабазовой кремнисто-песчано-глинистой геологической формации [4], характерной для богатого органикой окраинного морского бассейна. Подобные формации ленточных кремней в ассоциации с офиолитами широко распространены в других складчатых областях мира [2], где рассматриваются как реликты океанической литосферы, перемещенные тектоническими движениями на окраины материков в ходе обдукции или аккреции.

Рассматриваемая рудная формация может быть отнесена к марганценовой вулканогенно-кремнистой или эффузивно-кремнистой марганценовой с осадочно-экспляционным типом марганцевой минерализации [1, 9].

Содержание оксидов марганца в породах описанной ассоциации в среднем составляет 1,4–3,4 %. Учитывая незначительные параметры марганцеворудных залежей и относительно невысокие содержания в них этого элемента,

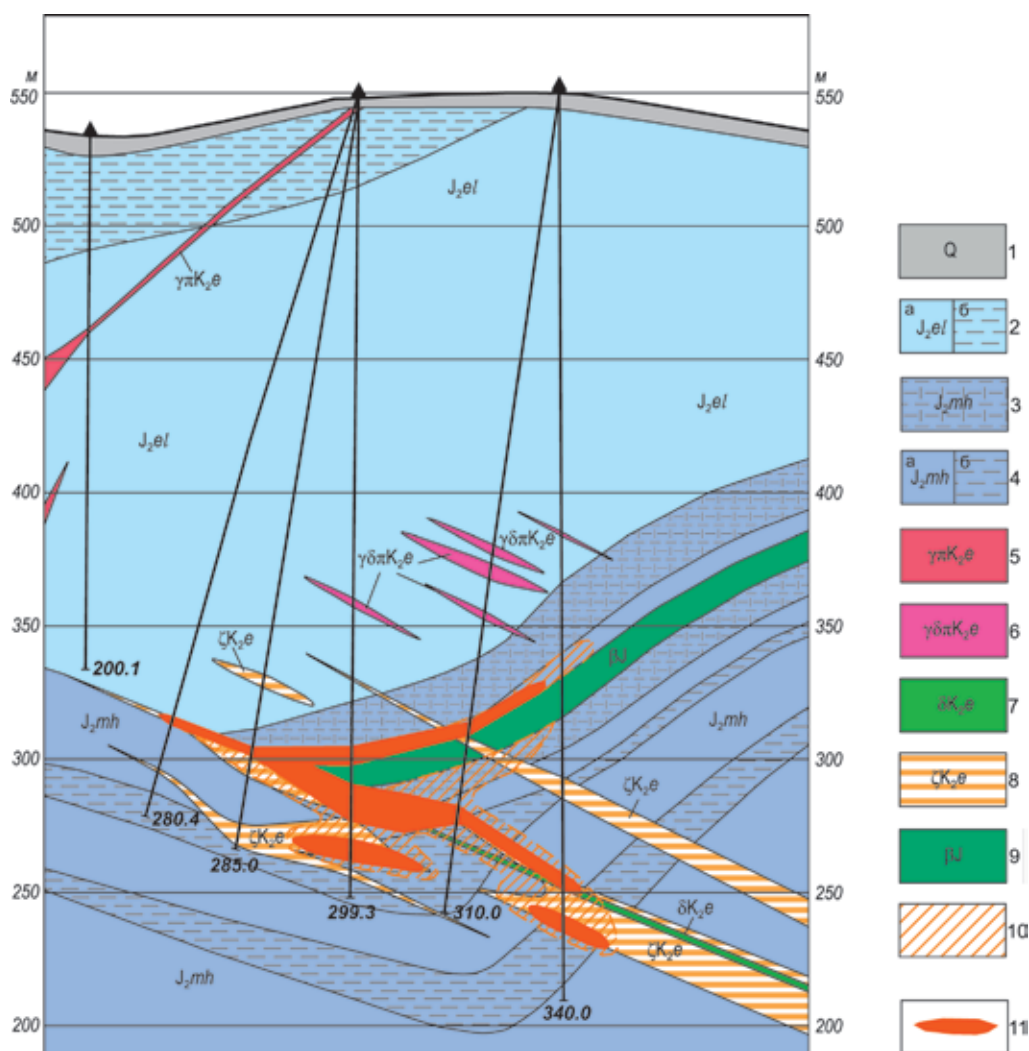


Рис. 5. Албазинское месторождение. Положение золоторудных тел в поперечном разрезе через Надеждинскую рудную зону, буровой профиль 400

1 – рыхлые поверхностные отложения; 2 – эльгонская свита: песчаники (а), алевролиты (б); 3, 4 – михалицынская свита: 3 – кремнисто-глинистые породы, 4 – песчаники (а), алевролиты (б); 5–9 – магматические образования: 5 – гранит-порфиры, 6 – гранодиорит-порфиры, 7 – диориты, 8 – дациты, 9 – спилиты; 10 – участки гидротермально измененных пород; 11 – золоторудные тела

а также подразумевая высокую степень изученности рудного поля, перспективы комплекса в пределах Албазинского рудного поля на марганцевое промышленное оруденение оцениваются отрицательно.

Предполагается, что наличие вулканогенно-кремнистой толщи, наряду с магматическим, метасоматическим и структурным факторами, сыграло заметную роль для локализации золотого оруденения Албазинского рудного поля. Литологически контрастный разрез стратифицированных пород с участием разнотипных пород (песчаников, КГП, спилитов, углеродистых алевролитов) представляет собой сочетание физико-химических барьеров, неблагоприятных (КГП, спилиты) и благоприятных для локализации пород (хрупкие песчаники, тонкопереслаивающиеся пачки песчаников, алевролитов с КГП). Следовательно, вулканогенно-кремнистая толща

играла роль литологического фактора локализации оруденения.

Кроме того, при метасоматическом преобразовании углеродистых алевролитов этой толщи восстановительная обстановка могла способствовать рудообразованию.

Не исключено, что часть золота в рудных телах могла быть экстрагирована из обогащенных золотом пород вулканогенно-кремнистой и углеродистой толщи в ходе ее гидротермального преобразования из периферийных частей гидротермальных систем с переотложением в центральных частях рудоносных зон.

1. Архипов Г. И., Воеводин В. Н., Гаврилов В. И. Основные типы рудных формаций: Терминологический справочник. – М.: Наука, 1984. – 316 с.

2. Волохин Ю. Г. Мезозойское и кайнозойское кремне-накопление в окраинных бассейнах востока Азии. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 434 с.
3. Дмитриева Е. В., Либрович В. Л., Некрасова О. И. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Ч. 3: Кремнистые породы. – М.: Недра, 1973. – 340 с.
4. Забродин В. Ю., Кириллова Г. Л., Кулындышев В. А. Геологические формации. Т. 2. – М.: Недра, 1982. – 397 с.
5. Потапов Ю. И., Вихлянцев В. В. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Нижнеамурская. Лист N-53-XXX. Объяснительная записка. – М.: Мингео СССР, 1981. – 96 с.
6. Трушин С. И., Кириллов В. Е. Месторождение Албазино – новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Региональная геология и металлогения. – 2018. – № 73. – С. 60–67.
7. Ханчук А. И., Иванов В. В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40, № 11. – С. 1635–1645.
8. Шуршалина В. А., Холлопешин И. А. Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1 : 200 000 (лист N-54-XXV). – М.: Мингео СССР, 1978. – 109 с.
9. Яковлев П. Д. Промышленные типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1986. – 358 с.
2. Volokhin Yu. G. Mesozoic and Cenozoic silica accumulation in the marginal basins of eastern Asia]. Vladivostok: Dalnauka. 2012. 434 p.
3. Dmitrieva E. V., Librovich V. L., Nekrasova O. I. Atlas tekstur i struktur osadochnykh gornykh porod. Ch. 3: Kremnistye porody [Atlas of textures and structures of sedimentary rocks. Pt. 3: Siliceous rock]. Moscow: Nedra. 1973. 340 p.
4. Zabrodin V. Yu., Kirillova G. L., Kulyndyshev V. A. Geologicheskie formatsii. T. 2 [Geological formations. Vol. 2]. Moscow: Nedra. 1982. 397 p.
5. Potapov Yu. I., Vikhlyantsev V. V. Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Seriya Nizhneamurskaya. List N-53-XXX. Ob"yasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR on a scale of 1:200,000. Series Nizhneamurskaya. Sheet N-53-XXX. Explanatory note]. Moscow: Mingeo SSSR. 1981. 96 p.
6. Trushin S. I., Kirillov V. E. The Albazino deposit – a new industrial type of gold mineralization in the Far East. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2018. No. 73, pp. 60–67. (In Russian).
7. Khanchuk A. I., Ivanov V. V. Meso-Cenozoic geodynamic conditions and gold mineralization of the Russian Far East. *Geologiya i geofizika*. 1999. Vol. 40. No. 11, pp. 1635–1645. (In Russian).
8. Shurshalina V. A., Kholopeshin I. A. Ob"yasnitel'naya zapiska k geologicheskoy karte masshtaba 1 : 200 000 (list N-54-XXV) [Explanatory note to the geological map of scale 1:200,000 (sheet N-54-XXV)]. Moscow: Mingeo SSSR. 1978. 109 p.
9. Yakovlev P. D. Promyshlennyye tipy rudnykh mestorozhdeniy [Industrial types of ore deposits]. Moscow: Nedra. 1986. 358 p.

1. Arkhipov G. I., Voevodin V. N., Gavrilov V. I. Osnovnye tipy rudnykh formatsiy: Terminologicheskiy spravochnik [The main types of ore formations: Terminological Handbook]. Moscow: Nauka. 1984. 316 p.

Трушин Сергей Иванович – зам. ген. директора, АО «Полиметалл УК». Пр. Народного ополчения, 2, Санкт-Петербург, 198216, Россия. <Trushin@polymetal.ru>

Кириллов Вадим Евгеньевич – канд. геол.-минерал. наук, вед. геолог, ООО «Ресурсы Албазино» АО «Полиметалл УК». Ул. Муравьева-Амурского, 18, Хабаровск, 680000, Россия. <kirillovVE@hbr.polymetal.ru>

Иванов Владимир Викторович – канд. геол.-минерал. наук, зав. лабораторией, ДВГИ ДВО РАН¹. <d159327@yandex.ru>
Ноздрачев Евгений Анатольевич – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотрудник, ДВГИ ДВО РАН¹. <nea99@mail.ru>

Trushin Sergei Ivanovich – Mineral resources Deputy of General Director, Management Company, Polymetal joint-stock company. 2 ul. Narodnogo Opolchenya, St. Petersburg, 198216, Russia. <Trushin@polymetal.ru>

Kirillov Vadim Evgenyevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Geologist, Search and exploration department, limited liability company Resources of Albazino, Polymetal joint-stock company. 18 ul. Muravyov-Amursky, Khabarovsk, 680000, Russia. <kirillovVE@hbr.polymetal.ru>

Ivanov Vladimir Viktorovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of laboratory, FEGI FEB RAS¹. <d159327@yandex.ru>

Nozdrachev Evgeny Anatolevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, FEGI FEB RAS¹. <nea99@mail.ru>

¹ Дальневосточный геологический институт ДВО РАН. Пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия.
The Far East Geological Institute FEB RAS (FEGI FEB RAS). 159 Prospekt 100-letiya, Vladivostok, 690022, Russia.