



ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В РАЙОНЕ ФЬЮКШОН, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ

Т. ЧАН ВАН^{1,2,*}, П.А. ИГНАТОВ¹, Т. МАЙ ЧОНГ²

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

² Главное управление геологии и полезных ископаемых Вьетнама
б, Фам Нгу Лао ул., г. Ханой 100000, Вьетнам

АННОТАЦИЯ

Введение. Раскрыты закономерности локализации золотой минерализации района Фьюкшон Центрального Вьетнама, локализованной в протерозойско-кембрийском метаморфическом комплексе в зоне гранитного блока Бенжанг — Куешон позднепалеозойского возраста.

Цель. Установление закономерностей локализации золотой минерализации в районе Фьюкшон, Центральный Вьетнам.

Материалы и методы. Использованы геологические материалы, результаты документации горных выработок и керн оценочных скважин, изучения вещественного состава руд по 15 прозрачным шлифам и 18 аншлифам, 127 атомно-абсорбционным анализам.

Результаты. В пределах золотого рудного поля Фьюкшон в Центральном Вьетнаме детально изучен участок рудников Байдат и Байго, расположенный в зоне окончания взбросо-сдвига. Золоторудные тела представлены субпараллельными сланцеватости кварц-сульфидными жилами. Рудовмещающими являются послойные зоны тектонических нарушений, которые образовались на участке окончания взбросо-сдвига и осложняли западные крылья и замки антиклиналей. Они формировались в режиме региональных субширотных горизонтальных напряжений. Большое значение в рудоконтроле имеют горизонты углеродистых кварц-серицитовых сланцев. Имеют место крутопадающие пострудные разломы, смещающие рудные тела. Выделяются две стадии золотой минерализации. Ранняя характеризуется широким развитием сфалерита и меньшим количеством золота. В позднюю стадию происходило основное осаждение золота и формировался галенит. Судя по геохронологическим данным по изотопии аргона в биотите, золотая минерализация на Байдате и Байго, вероятно, формировалась в триасе (250—200 млн лет назад), на стадии затухания регионального метаморфизма индосинского орогенеза.

Заключение. Полученные результаты следует использовать при локальном прогнозе золоторудных месторождений в Центральном Вьетнаме.

Ключевые слова: золото, Центральный Вьетнам, рудопроявление, графитистые сланцы, разлом, тектоническая брекчия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Чан Ван Т., Игнатов П.А., Май Чонг Т. Закономерности локализации золотой минерализации в районе Фьюкшон, Центральный Вьетнам. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(1):15—27. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-1-15-27>

Статья поступила в редакцию 23.12.2022

Принята к публикации 14.03.2023

Опубликована 31.03.2023

* Автор, ответственный за переписку

LOCALIZATION PATTERNS OF GOLD MINERALIZATION IN THE PHUOC SON AREA, CENTRAL VIETNAM

TIEN TRAN VAN^{1,2,*}, PETR A. IGNATOV¹, TU MAI TRONG²

¹ Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklay str., Moscow 117997, Russia

² General Administration of Geology and Mineral Resources of Vietnam
6, Pham Ngu Lao str., Ha Noi 100000, Viet Nam

ABSTRACT

Background. In this paper, the authors aim to reveal the localization patterns of gold mineralization in the Phuoc Son region of Central Vietnam, which formed a Proterozoic-Cambrian metamorphic complex in the zone of the Late Paleozoic Benzhang–Queshon granite block.

Aim. To determine the localization patterns of gold mineralization in the Phuoc Son area, Central Vietnam.

Materials and methods. The research was based on geological materials, as well as mine working and appraisal well data. The material composition of the materials was studied using 15 transparent sections and 18 polished sections. In total, 127 samples were subjected to atomic absorption spectroscopy.

Results. Within the Phuoc Son gold ore field in Central Vietnam, the site of the Baidat and Baigo mines located in the zone of reverse-shear termination was investigated. Here, the gold ore bodies are represented by quartz-sulfide veins subparallel to schistosity. The ore-bearing zones are layered zones of tectonic faults, which formed at the end of the reverse-shear period and complicated the western limbs and locks of the anticlines. These zones were formed under regional sublatitudinal horizontal stresses. The horizons of carbonaceous quartz-sericite schists are of great importance in ore control. There are steeply dipping post-ore faults that displace ore bodies. Two gold mineralization stages can be distinguished. The early stage was characterized by a wide development of sphalerite and a smaller amount of gold. The later stage was associated with the main precipitation of gold and formation of galena. According to the geochronological data on the argon isotopy in biotite, the gold mineralization at Baidat and Baigo was probably formed in the Triassic (250–200 Ma ago), at the stage of extinction of the regional metamorphism of the Indosinian orogeny.

Conclusion. The results obtained should be used when conducting local forecasting of gold deposits in Central Vietnam.

Keywords: gold, Central Vietnam, ore occurrence, graphitic shales, fault, tectonic breccia

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Tran Van T., Ignatov P.A., Mai Trong T. Localization patterns of gold mineralization in the Phuoc Son area, Central Vietnam. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(1):15–27. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-1-15-27>

Manuscript received 23 December 2022

Accepted 14 March 2023

Published 31 March 2023

* Corresponding author

В Центральном Вьетнаме известно большое число золоторудных месторождений и имеется значительный потенциал открытия новых объектов [1–3, 4]. Типичными представителями этого региона являются месторождения рудного поля Фьюкшон

провинции Куангнам, характеристике которых посвящена данная статья.

Золото-сульфидная минерализация в этом рудном поле открыта в результате геохимической съемки 1996 г. (аномалия Дакса). Рудники в Фьюкшон

начали функционировать с 1998 г. Разведкой занималась «Новая горнодобывающая компания Вьетнама» (NVMC). Установлено, что жильные рудные тела сложены сульфидно-кварцевыми Au-Ag-Pb-Zn рудами, формировавшимися из средне-низкотемпературных гидротерм [8]. К 2005 г. подсчитаны запасы 616 254 т руд со средним содержанием золота 9,73 г/т и 1 440 733 т ресурсы руд золота [4]. В связи с очевидным промышленным значением этого рудного поля и перспективами новых открытий важно показать геологические условия локализации золотой минерализации.

Фактический материал и методы исследований

Для изучения закономерностей локализации золотого оруденения использованы: геологические карты масштабов 1:200 000; 1:50 000 и 1:10 000 [1, 2, 4]; результаты оценочного бурения в объеме 27 280 пог. м 94 наклонных скважин глубиной от 90 до 491 м. Помимо керн и обнажений в горных выработках, вещественный состав руд изучен по 15 прозрачным шлифам и 18 аншлифам. Распределение полезных компонентов определено по 127 атомно-абсорбционным анализам, пробы отбирали из кварцевых жил из керна в 2017—2018 гг., они обработаны и проанализированы во Вьетнамском Центре геологического и экспериментального анализа. Для определения возраста руд использованы данные масс-спектрометрии Ar-Ar методом по биотиту, отобранному их керна золоторудных кварцевых жил. Анализы $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ выполнены во Вьетнамском Центре геологического и экспериментального анализа, г. Ханой, аналитик Н.В. Нам. Эксперимент проводился на многоколлекторном масс-спектрометре «Thermo Fisher Scientific ARGUSVI», соединенном с линией извлечения/очистки газа из нержавеющей стали и лазерной системой «Photon Machines Fusion 10.6 CO₂». Масс-спектрометр ARGUSVI имеет радиус 13 см, расширенную геометрию на 90°, статический вакуум, магнитный сектор, в котором размещен источник типа Нира и фиксированная матрица из пяти фарадеев (с малошумящими резисторами $1 \times 10^{12} \Omega$) и один компактный дискретный диод (CDD). Детекторы с высокой (H) и низкой (L) массой обозначаются как H2, H1, AX, L1, L2 и CDD (AX = аксиальный). Масс-спектрометр ARGUSVI имеет объем 700 см³ и номинальное разрешение по массе 200. Чувствительность для аргона составляет $3,55 \times 10^{-17}$ моль/фА (1×10^{-3} А/Торр) при токе ловушки 200 мкА, как определено по измеренным аликвотам биотита GA1550 [9].

Основные черты геологического строения рудного поля и месторождения

Месторождение Фьюкшон расположено примерно в 6 км к северо-западу от города Хам Дык в Центральном Вьетнаме. Одноименное рудное поле занимает 60 км² (12×5 км), где отрабатываются два жильных рудных объекта: Байдат и Байго (рис. 1).

Центральная часть рудного поля сложена главным образом слюдистыми и углеродистыми сланцами, филлитами, мраморами и амфиболитами, которые смяты в сложные складки [8]. Сланцевые и филлитовые пачки слагают обширные выходы на поверхности по всей площади, мраморы и амфиболиты встречаются редко, что подтверждено бурением. Также незначительно распространены дайки, штоки и силлы разного состава, от ультраосновных до кислых разностей, и связанные с ними роговики. Эти интрузивные тела преимущественно слепые и встречены в скважинах.

В пределах рассматриваемого рудного поля закартирована сложная крупная антиклинальная структура, погружающаяся к северо-северо-востоку [7]. Установлено, что пластичные сланцы относительно больше деформированы, чем менее компетентные амфиболиты, габбро и гнейсы [7].

На западе площади расположены позднепалеозойские граниты, на востоке — протерозой-нижнекембрийские гнейсы. Небольшие тела гранитов встречаются и на участке золоторудных объектов, где они пересекаются дайками основных пород. Результаты петрографического анализа гранитов показывают, что они метаморфизованы в зеленосланцевой фации. Изотопный возраст циркона из них по U-Pb методу оказался 260 млн лет [6]. Распространение гнейсов комплекса Хам Дык ограничено меридиональным разломом По Ко. Комплекс представлен гранито-гнейсами, гранат-роговообманково-биотитовыми гнейсами и плагиогнейсами [10]. Считается, что породы образовались в результате двух орогенных событий, одно из которых произошло от ордовика до силура, второе — от средней перми до раннего триаса [6]. Сиениты выявлены на северо-востоке рудного поля Фьюкшон. Они редко выходят на поверхность. Породы изменены, поскольку вкрапленники и основная масса частично или полностью замещены хлоритом.

В пределах Фьюкшон закартированы фрагменты региональных разломов северо-западного и меридионального простирания с падением от западного до субвертикального Конг Плонг, По Ко, Хе Рин и К7. Разлом По Ко прослежен

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

по меридиану более чем на 100 км [10]. Он ограничивает блок глубоко метаморфических пород и считается правым взбросо-сдвигом с амплитудой латерального смещения более 30 км [5, 7].

Золоторудные тела Байдат и Байго локализованы на юго-востоке рудного поля Фьюкшон, где

сосредоточены штоки и силлы габбро. Породы серпентинизированы с незначительным содержанием талька и карбонатных минералов. Кварцево-золоторудные жилы приурочены к горизонтам углеродистых сланцев, включающих линзы мраморов (рис. 2).

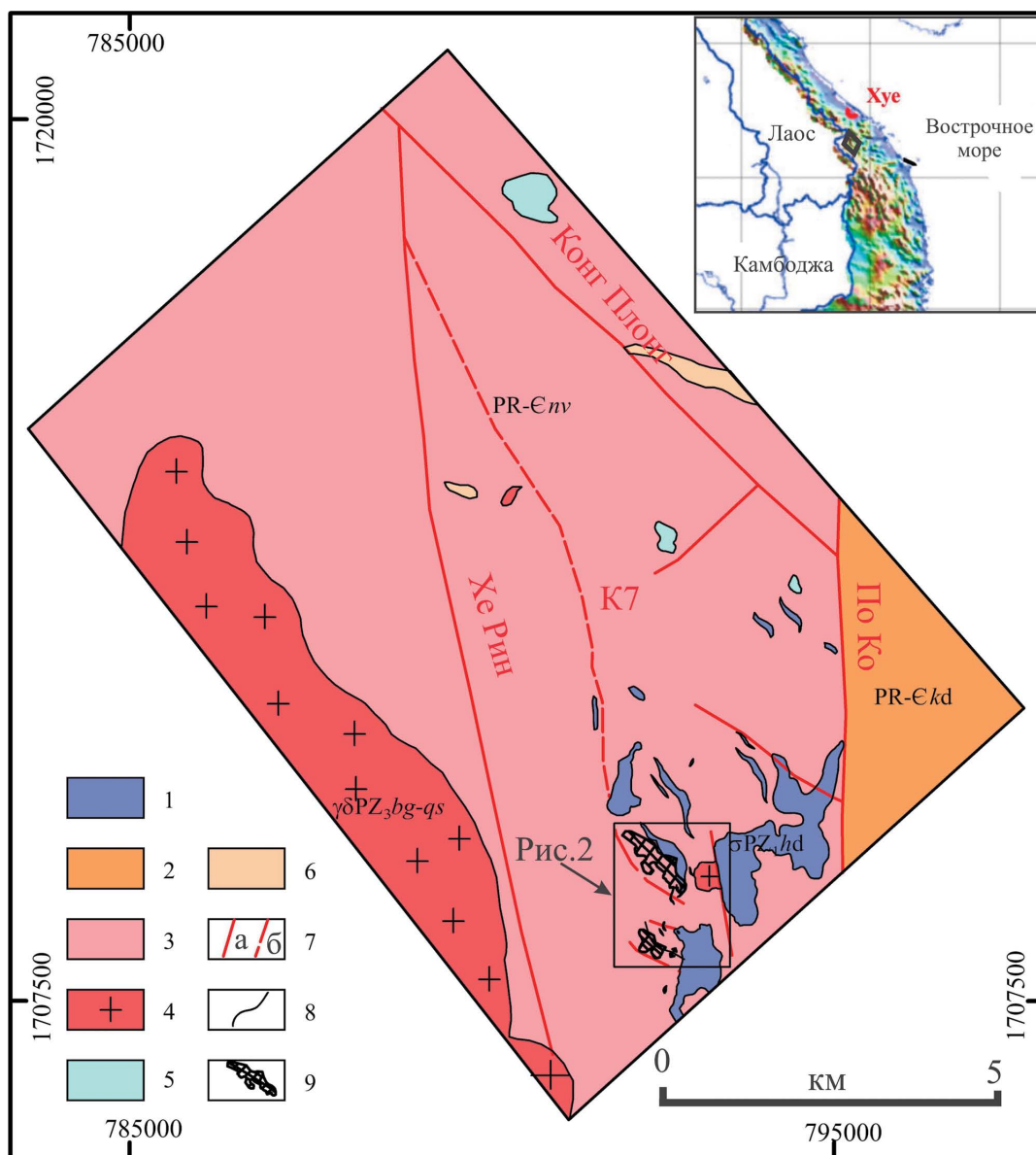


Рис. 1. Геологическая карта рудного поля Фьюкшон [5, 7]. 1 — метагаббро нижнепалеозойского комплекса Хиепдык (σPZ_{1hd}); 2 — гнейсы протерозой-нижнекембрийского комплекса Хам Дык ($PR-Ekd$); 3 — сланцы, филлиты, мраморы и роговики протерозойско-кембрийской толщи Нуйву ($PR-Env$); 4 — позднепалеозойские граниты Бенжанг — Куешон ($PZ_3 bg-qg$); 5 — андезиты; 6 — сиениты; 7 — разломы (а) — главные; (б) — второстепенные; 8 — геологические границы; 9 — проекции золоторудных жильных залежей

Fig. 1. Geological map of the Phuoc Son ore field [5, 7]. 1 — metagabbro of the Lower Paleozoic Hiep Duc Complex (σPZ_{1hd}); 2 — gneisses of the Proterozoic-Lower Cambrian complex Kham Duc ($PR-Ekd$); 3 — shales, phyllites, marbles, and hornfels of the Proterozoic — Cambrian Nuivuu ($PR-Env$); 4 — Late Paleozoic Ben Giang — Que Son granites ($PZ_3 bg-qg$); 5 — andesites; 6 — syenites; 7 — faults (a) — main; (b) — secondary; 8 — geological borders; 9 — projections of gold vein deposits

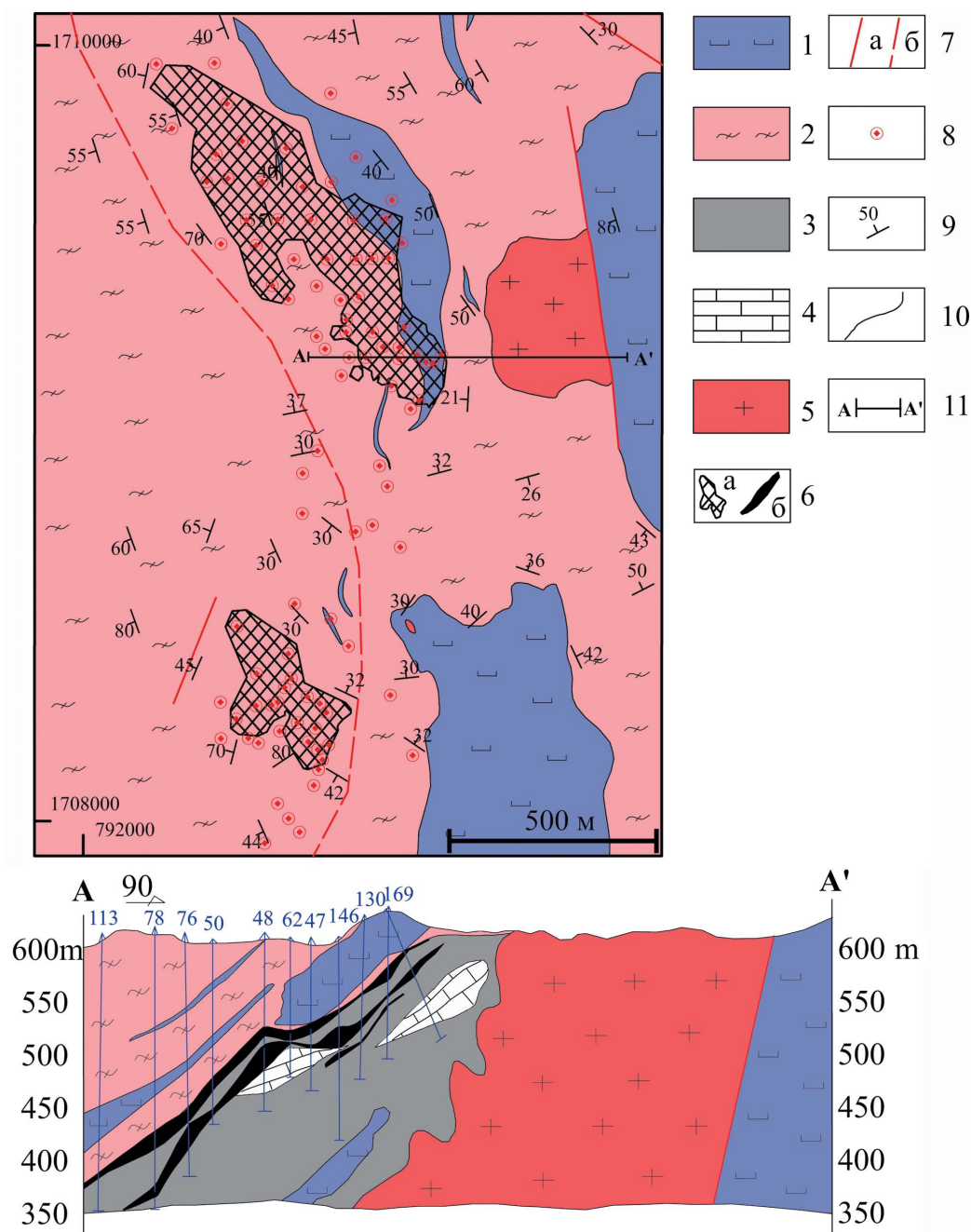


Рис. 2. Геологическая карта района Фьюкшон с рудными зонами Байго на севере и Байдат на юге и схематический разрез по линии А-А' [5, 7]. 1 — метагаббро нижнепалеозойского комплекса Хиендзык; 2—4 — метаморфизованные вулканогенно-осадочные протерозойско-кембрийские породы толщи Нуйву (PR-Env): 2 — сланцы и филлиты; 3 — графитистые сланцы; 4 — мраморы; 5 — позднепалеозойские граниты Бен-жанг — Куешон; 6 — проекции в плане (а) и сами золоторудные сульфидно-кварцевые жилы (б); 7 — разломы главные (а) и второстепенные (б); 8 — устья скважин; 9 — элементы залегания; 10 — геологические границы; 11 — линия разреза

Fig. 2. Geological map of the Phuoc Son region with the Bai Go ore zones in the north and Bai Dat in the south and a schematic section along the A-A' line [5, 7]. 1 — metagabbro of the Lower Paleozoic Hiep Duc complex; 2—4 — metamorphosed volcanic-sedimentary Proterozoic-Cambrian rocks of the Nui Vu sequence (PR-Env): 2 — shales and phyllites; 3 — graphite shales; 4 — marbles; 5 — Late Paleozoic Ben Giang — Que Son granites; 6 — plan projections (a) and the gold ore sulfide-quartz veins themselves (b); 7 — main (a) and secondary (b) faults; 8 — wellheads; 9 — occurrence elements; 10 — geological boundaries; 11 — cut line

Отмечаются раздувы жил в осевых частях мелких складок, осложняющих моноκиналь. На одном из профилей на участке Байдат установлена типичная седловидная рудная жила (рис. 3).

Слюдистые и графитистые сланцы представляют собой тонкие, обычно 0,5 мм плитки кварц-мусковит-графитового состава со смещенной горизонтальной тонкополосчатой и линзовидной текстурой. Графитистые сланцы часто чередуются с другими сланцами. Минеральная ассоциация кварца, биотита, мусковита и серицита широко представлена вдоль сланцеватости. Также присутствуют пирит и следы магнетита, ильменита и пирротина. Такие породы встречены только на участке рудных жил Байдат и Байго.

Мраморы слагают линзы мощностью от первых до нескольких десятков метров. Встречаются мраморы с пльчатой текстурой, что отражает вязко-пластические послойные деформации.

Интервал роговиков с вкрапленниками гранатов в несколько метров мощности вскрыт скважинами на участке Байго, где имеется шток гранитов.

Типичные разрезы по объектам Байго и Байдат с локализацией серебро-золотой полиметаллической минерализации в углеродистых сланцах приведены на рисунке 4.

Участок золоторудных жил контролируется зоной окончания на юг разлома К7, что указывает на важную роль тектонических нарушений в образовании месторождений [4]. Эта часть разлома К7 представлена серией пологих взбросов со сдвиговой компонентой, протяженностью 4 км, падающих в северо-западном направлении [7]. Латеральное сжатие на участке выклинивания

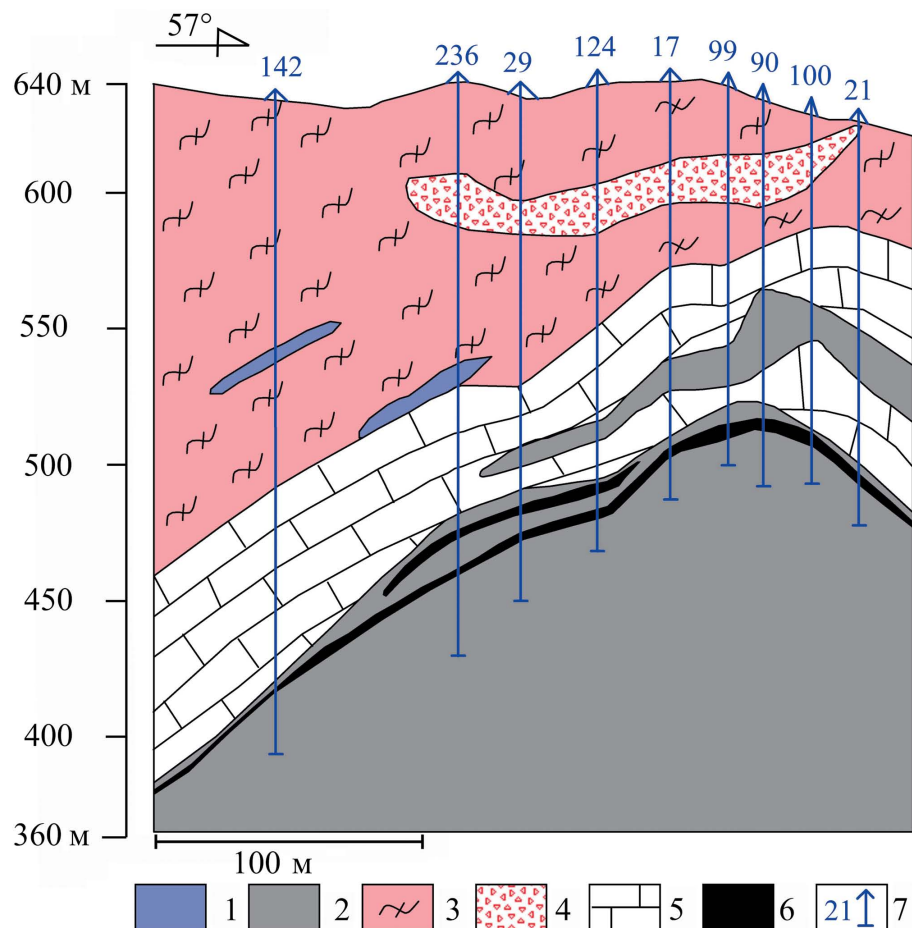


Рис. 3. Седловидная жила рудника Байдат. 1 — метагаббро нижнепалеозойского комплекса Хиепдык; 2—4 — протерозойско-кембрийские породы толщи Нуьву: 2 — графитистые сланцы; 3 — сланцы и филлиты; 4 — выветрелые кварцевые зоны; 5 — мраморы; 6 — золоторудные сульфидно-кварцевые жилы; 7 — скважина и номер

Fig. 3. Saddle vein of Baidat mine. 1 — metagabbro of the Lower Paleozoic Khipdyk Complex; 2—4, Proterozoic–Cambrian rocks of the Nuivu sequence: 2 — graphitic schists; 3 — shales and phyllites; 4 — weathered quartz zones; 5 — marbles; 6 — gold ore sulfide-quartz veins; 7 — well and number

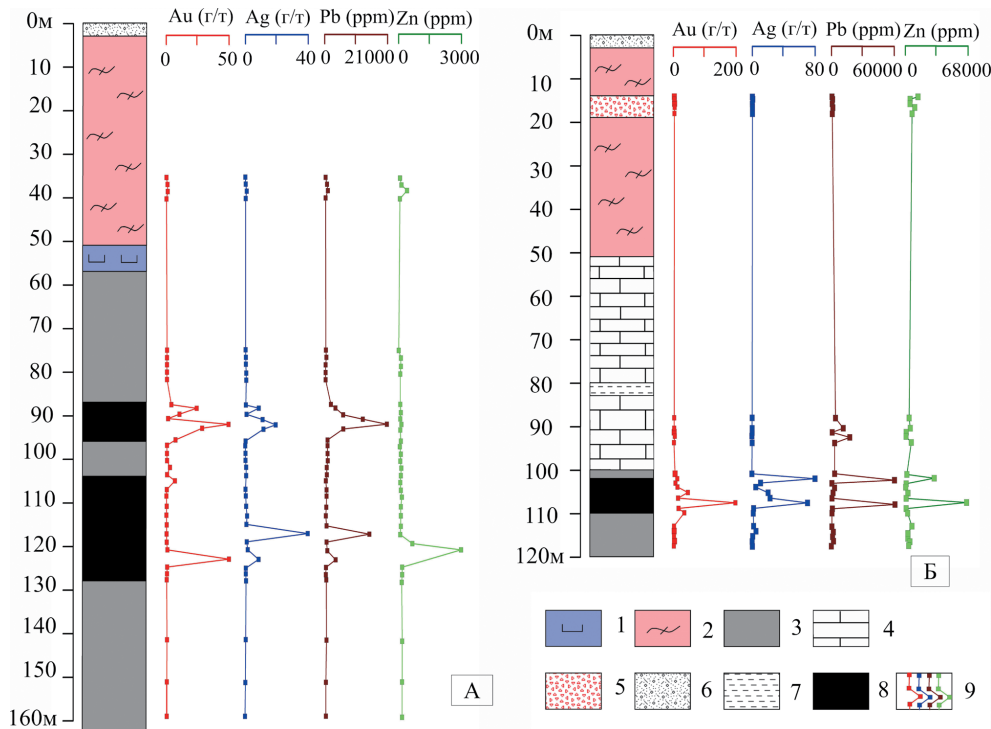


Рис. 4. Фрагменты схематических колонок с диаграммами содержаний Au, Ag, Pb и Zn. А — скважина 048 из Байго; Б — 013 из Байдат. 1 — метагаббро нижнепалеозойского комплекса Хиепдык; 2—4 — протерозойско-кембрийские породы толщи Нуйву: 2 — сланцы и филлиты; 3 — графитистые сланцы; 4 — мраморы; 5 — выветрелые кварцевые зоны; 6 — выветренные сланцы; 7 — зеленые сланцы; 8 — золоторудные сульфидно-кварцевые жилы; 9 — содержания золота, серебра, свинца и цинка

Fig. 4. Fragments of schematic columns with diagrams of Au, Ag, Pb, and Zn contents. A — well 048 from Bai Go; Б — 013 from Bai Dat. 1 — metagabbro of the Lower Paleozoic Hiep Duc complex; 2—4 — Proterozoic-Cambrian rocks of the Nui Vu sequence: 2 — shales and phyllites; 3 — graphite shales; 4 — marbles; 5 — weathered quartz zones; 6 — weathered shales; 7 — green shales; 8 — gold ore sulfide-quartz veins; 9 — content of gold, silver, lead and zinc

взбросо-сдвига реализовано серией рудовмещающих послойных тектонических нарушений. Они субсогласно нарушают западное крыло антиклинальной складки с углами падения на северо-запад 30—60°.

На месторождениях имеют место пострудные сдвиги с вертикальным падением, которые смещают кварц-сульфидные рудные жилы и вмещающие их углеродистые сланцы. Они или «сухие», или выполнены кварц-карбонатными агрегатами.

Форма рудных тел, их связь со взбросо-сдвигами, замками и крыльями антиклиналей, складками высокого порядка, послойными нарушениями в горизонтах углеродистых сланцев весьма похожи на кварцево-золоторудные жилы гигантского месторождения Бендиго в Австралии [11]. Это позволяет надеяться на открытие в рудном районе не только слепых многоярусных субсогласных со сланцевой толщей, но и секущих рудных залежей.

Пересечение золоторудными кварц-сульфидными жилами метаморфической сланцеватости

вмещающих пород, присутствие в жилах обломков сланцев (рис. 5Б) позволяют считать, что зелено-сланцевый метаморфизм вмещающих пород был до золоторудной минерализации.

Помимо жильных выполнений, золото-сульфидная минерализация встречается в цементе тектонических брекчий в мраморах и частично в гнездах и вкраплениях в ассоциирующих с ними кристаллических сланцах.

Изучение стенок горных выработок, керна, каротажа, результатов опробования и аналитики показали, что золотоносная минерализация связана с сульфидами, слагающими кварцевые жилы, прожилки, гнезда и цемент тектонических брекчий. В составе руд установлен пирит, галенит, халькопирит, пирротин, молибденит, магнетит, графит. Они находятся в сростании с кварцем, серицитом, хлоритом и эпидотом (рис. 6).

Руды имеют брекчиевую, прожилковую и вкрапленную текстуры. Среднее содержание сульфидов составляет 3—62% в Байдат и 3—15% в Байго.

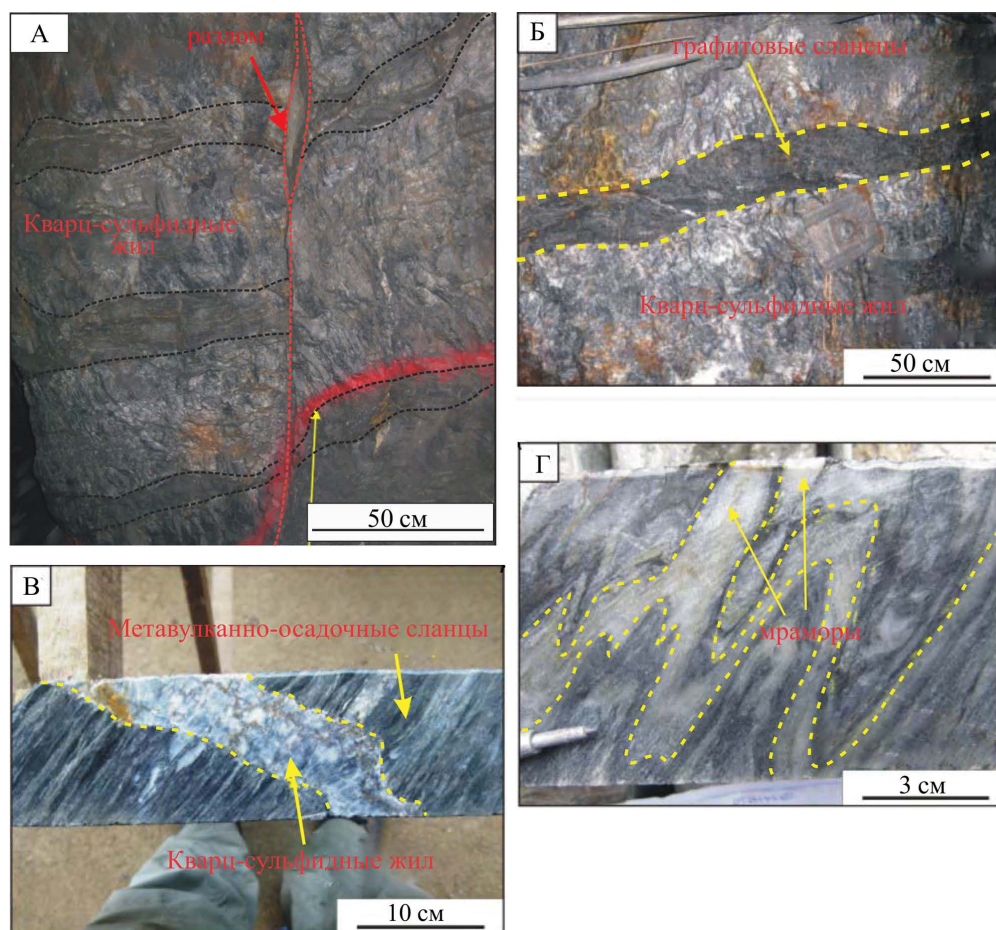


Рис. 5. Примеры соотношения минеральных ассоциаций рудных жил и вмещающих пород, установленных на участке подземной разработки Байдат: А — пострудный разлом, пересекающий и смещающий массивную кварц-сульфидную жилу. Б — крупный обломок углеродистого сланца, вовлеченный в массивную кварц-сульфидную жилу. В — кварц-сульфидная жила, пересекающая углеродистые сланцы, с мелкими обломками углеродистых сланцев. Г — мрамор плейчатой текстуры

Fig. 5. Examples of the ratio of mineral associations of ore veins and host rocks established at the Baydat underground mining site: А — post-ore fault crossing and displacing a massive quartz-sulfide vein. Б — a large fragment of carbonaceous shale involved in a massive quartz-sulfide vein. В — in a quartz-sulfide vein crossing carbonaceous shales with small fragments of carbonaceous shales. Г — marble of slab texture

На месторождениях Фьюкшон выделяют две стадии золотой минерализации: раннюю менее продуктивную с выделениями сфалерита и позднюю основную рудную с галенитом. Они характеризуются более или менее сходными минеральными ассоциациями и обычно встречаются в кварц-сульфидных агрегатах, наложенных на регионально метаморфизованные породы, и смещены пострудными нарушениями [4, 6]. По результатам анализа включений в кварце установлено, что рудные минералы образуются в контрастном диапазоне температур от 300 до 230 °C и от 245 до 185 °C [4]. По 21 пробе золота из Фьюкшон выполнен микрозондовый анализ. Значения $Au/(Au + Ag)$ колеблются в пределах от 73,95

до 93%, в среднем 84,52%, пробность золота составляет от 657 до 988 [4, 6].

Возраст минерализации установлен по изотопии Ar-Ar в биотите. Пробы отобраны из кварцевых жил из скважин LK 267 и LK 270 (табл.).

Поскольку в обеих выборках были получены несогласующиеся возрастные спектры, возраст интерпретировался на основе суммарного возраста газа. Модельный возраст составил $211,6 \pm 0,1$ и $203,9 \pm 0,1$ млн лет, что соответствует поздне-триасовой эпохе.

Золотоносные кварц-сульфидные жилы Байдат и Байго залегают субсогласно со сланцеватостью вмещающих пород, что указывает на послонный тип рудовмещающих разломов. Это корре-

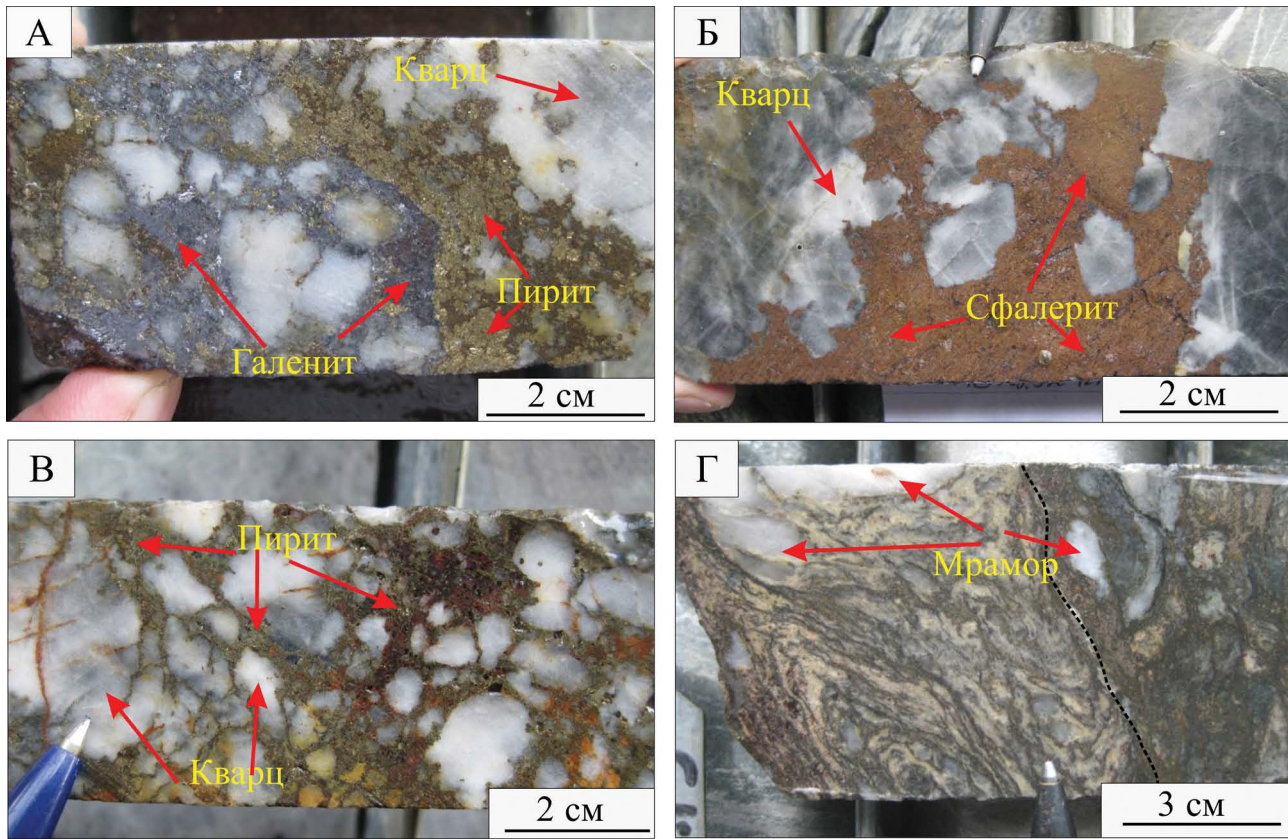


Рис. 6. Текстуры золото-сульфидных руд. А—В брекчиевые и прожилковые текстуры золото-сульфидных руд. Г — вкрапленные выделения сульфидов в мраморе

Fig. 6. Textures of gold-sulfide ores. А—В breccia and vein textures of gold-sulfide ores. Г — disseminated sulfide deposits in marble

спондируется с взбросо-надвиговым механизмом формирования разломов на участке рудных жил в условиях горизонтального по широте тектонического стресса. Предположение о правсдвиговой компоненте взброса хорошо объясняет северо-западное простирание золоторудных тел, которые могли формироваться в зонах локально-го растяжения.

Основное рудное тело Байдат «BDMQ» расположено в сложной кварц-сульфидной жиле, локализованной в верхней части графитистых сланцев, расположенной от границы мраморов и актинолит-альбитовых и кварц-слюдистых сланцев от 0 до 20 м. Рудное тело, вскрытое в 64 скважинах, расположено в юго-западном крыле складки Байдат (СЗ-ЮВ). Оно имеет размеры 440×300 м, прослежено с северо-востока на юго-запад, ширина проекции изменяется от 120 до 300 м, средний угол наклона 31° на северо-запад. Мощность рудного тела колеблется от 0,11 м до 8,37 м, в среднем 2,37 м, коэффициент вариации мощности 77,8 %.

Минеральный состав руд включает пирит, пирротин, галенит и золото. Общее содержание сульфидов в рудном теле колеблется от 3 до 60%, из них пирита до 2%, пирротина до 1,5%, галенита до 12% и сфалерита до 50%. Содержание золота в рудном теле варьирует от 0,39 до 60,57 г/т, в среднем 14,88 г/т, коэффициент вариации 96,27%. Содержание других элементов (Ag, Pb и Zn) в рудном теле сильно изменчиво, а именно: содержание серебра составляет от 0,15 до 239,0 г/т, в среднем 24,63 г/т; свинца от 12 до 140 680 ppm — в среднем 155 962 ppm; цинка от 15 до 118 716 ppm, в среднем 17 058 ppm.

Основное рудное тело Байго «BGUQ1» вскрыто 26 скважинами со средним углом наклона 34°. Его мощность варьирует от 0,53 до 8,75 м, в среднем 2,04 м, коэффициент вариации мощности 89,17%. Жильная масса состоит в основном из кварца с небольшим объемом слюдяных сланцев, представляющих собой агрегат серицита, биотит и хлорита. Руды представлены в основном пирротин, пиритом, сфалеритом и галенитом

Таблица. Результаты масс-спектральных анализов биотита из рудных образований
Table. Results of mass spectral analyses of biotite from ore formations

№ ступени	$\Sigma {}^{39}\text{Ar}, \%$	${}^{40}\text{Ar} (\times 10^{-13} \text{ моль})$	${}^{39}\text{Ar} (\times 10^{-14} \text{ моль})$	Ca/K	% ${}^{40}\text{Ar}^*$	${}^{40}\text{Ar}^*/{}^{39}\text{Ar}$	Возраст
Образец LK267, биотит, J = 0,024691 $\pm$ 0,000004							
1	5,3	0,83731 $\pm$ 0,00025	1,6635 $\pm$ 0,0063	0,3474 $\pm$ 0,0002	94,1	4,7357 $\pm$ 0,0027	199,5 $\pm$ 0,11
2	10,6	0,83787 $\pm$ 0,00029	1,67773 $\pm$ 0,00065	0,0639 $\pm$ 0,0002	97,8	4,8833 $\pm$ 0,0027	205,37 $\pm$ 0,11
3	15,6	0,78984 $\pm$ 0,00027	1,56947 $\pm$ 0,00063	0,0314 $\pm$ 0,0003	98,5	4,9566 $\pm$ 0,0027	208,28 $\pm$ 0,11
4	20,5	0,7764 $\pm$ 0,00025	1,53818 $\pm$ 0,00054	0,0157 $\pm$ 0,0003	98,6	4,9798 $\pm$ 0,0024	209,21 $\pm$ 0,1
5	23,1	0,40216 $\pm$ 0,00014	0,80353 $\pm$ 0,00036	0,012 $\pm$ 0,0005	99	4,9576 $\pm$ 0,0029	208,33 $\pm$ 0,11
6	26	0,45463 $\pm$ 0,00015	0,91703 $\pm$ 0,00033	0,0073 $\pm$ 0,0007	99,1	4,9114 $\pm$ 0,0025	206,49 $\pm$ 0,1
7	29,1	0,48789 $\pm$ 0,00017	0,96415 $\pm$ 0,00043	0,0061 $\pm$ 0,0005	99	5,0118 $\pm$ 0,0029	210,48 $\pm$ 0,11
8	33,5	0,71738 $\pm$ 0,00022	1,40123 $\pm$ 0,00048	0,0046 $\pm$ 0,0003	98,9	5,0628 $\pm$ 0,0024	212,5 $\pm$ 0,09
9	37,2	0,57555 $\pm$ 0,0002	1,15269 $\pm$ 0,0004	0,0036 $\pm$ 0,0005	99,2	4,9543 $\pm$ 0,0025	208,2 $\pm$ 0,1
10	43,5	1,00493 $\pm$ 0,00033	1,9912 $\pm$ 0,00076	0,0025 $\pm$ 0,0003	99,1	5,0043 $\pm$ 0,0025	210,18 $\pm$ 0,1
11	51,1	1,19051 $\pm$ 0,00043	2,36569 $\pm$ 0,00085	0,0018 $\pm$ 0,0002	99,2	4,9905 $\pm$ 0,0026	209,63 $\pm$ 0,1
12	57,3	0,96007 $\pm$ 0,00035	1,94986 $\pm$ 0,00086	0,0021 $\pm$ 0,0002	99,4	4,8928 $\pm$ 0,0028	205,75 $\pm$ 0,11
13	65,4	1,22387 $\pm$ 0,00045	2,551 $\pm$ 0,00071	0,002 $\pm$ 0,0002	99,4	4,7692 $\pm$ 0,0022	200,83 $\pm$ 0,09
14	76,2	1,63618 $\pm$ 0,00067	3,38903 $\pm$ 0,00142	0,0013 $\pm$ 0,0002	99,5	4,8033 $\pm$ 0,0028	202,19 $\pm$ 0,11
15	88,2	1,82219 $\pm$ 0,00084	3,78644 $\pm$ 0,00189	0,0015 $\pm$ 0,0001	99,5	4,7895 $\pm$ 0,0033	201,64 $\pm$ 0,13
16	94,7	0,93138 $\pm$ 0,00039	2,04035 $\pm$ 0,00098	0,002 $\pm$ 0,0003	99,4	4,5381 $\pm$ 0,003	191,6 $\pm$ 0,12
17	100	0,75436 $\pm$ 0,00024	1,65711 $\pm$ 0,00066	0,0018 $\pm$ 0,0003	98,8	4,4972 $\pm$ 0,0023	189,96 $\pm$ 0,09
Образец LK270, биотит, J = 0,024687 $\pm$ 0,000004							
1	37,1	1,90699 $\pm$ 0,00063	3,67775 $\pm$ 0,00121	0,0028 $\pm$ 0,0001	98,8	5,1213 $\pm$ 0,0025	214,79 $\pm$ 0,1
2	50,0	0,64033 $\pm$ 0,00017	1,28167 $\pm$ 0,0005	0,0014 $\pm$ 0,0004	99,3	4,9597 $\pm$ 0,0024	208,38 $\pm$ 0,09
3	58,7	0,42818 $\pm$ 0,00012	0,86821 $\pm$ 0,00027	0,001 $\pm$ 0,0001	99,2	4,8936 $\pm$ 0,0021	205,76 $\pm$ 0,08
4	67,2	0,41549 $\pm$ 0,00013	0,8394 $\pm$ 0,00029	0,0005 $\pm$ 0,0003	99,2	4,9104 $\pm$ 0,0023	206,43 $\pm$ 0,09
5	73,8	0,3276 $\pm$ 0,00011	0,65904 $\pm$ 0,00014	0,0021 $\pm$ 0,0003	99,3	4,9362 $\pm$ 0,0021	207,45 $\pm$ 0,08
6	81,2	0,36931 $\pm$ 0,00012	0,73285 $\pm$ 0,00039	0,0015 $\pm$ 0,0006	99,2	5,0015 $\pm$ 0,0032	210,04 $\pm$ 0,13
7	90,4	0,45456 $\pm$ 0,00015	0,91509 $\pm$ 0,0003	0,0015 $\pm$ 0,0005	99,3	4,9328 $\pm$ 0,0024	207,32 $\pm$ 0,1
8	95,2	0,25149 $\pm$ 0,00008	0,47311 $\pm$ 0,00012	0,0012 $\pm$ 0,0009	99,5	5,2892 $\pm$ 0,0023	221,41 $\pm$ 0,09
9	97,1	0,10001 $\pm$ 0,00005	0,18525 $\pm$ 0,00014	0,0006 $\pm$ 0,0021	99,3	5,362 $\pm$ 0,0048	224,27 $\pm$ 0,19
10	100	0,15545 $\pm$ 0,00005	0,28924 $\pm$ 0,00019	-0,0003 $\pm$ -0,0017	98,3	5,2823 $\pm$ 0,004	221,14 $\pm$ 0,16

в виде прожилков, местами с мелкими частицами золота неправильной формы. Общее содержание сульфидов в рудном теле колеблется от 2 до 15%, иногда до 45%, наблюдается постепенное снижение в направлении с юго-востока на северо-запад с преобладанием халькопирита. Содержание золота в рудном теле варьирует от 0,70 до 29,40 г/т, в среднем 4,24 г/т. Коэффициент вариации содержания золота составляет 123,67%. Содержание других металлов: серебра колеблется от 0,15 до 38,2 г/т, в среднем 3,63 г/т; свинца от 5 до 56 800 ppm, в среднем 343 545 ppm; цинка от 3 до 19 206 ppm, в среднем 752 ppm.

Золото на объектах имеет размеры от 1 до 1020 μm , 90% свободного золота имеет размеры от 7 до 335 μm . Результаты исследований образцов руды Байдат (обр. LR2500724) показывают, что от 81 до 90% свободного золота, от 0,3 до 2% находится в сростании с галенитом и пиритом, от 9,7 до 17% золота тонкодисперсного — в галените, халькопирите и пирите [4].

Выводы

В пределах золоторудного поля Фьюкшон в Центральном Вьетнаме участок рудников Байдат и Байго расположен в зоне окончания взбросо-сдвига, где протерозой-кембрийские сланцы слагают антиклинальную структуру, осложненную силлами и штоками кембрийских габбро и мелкими штоками позднепалеозойских гранитов.

Золоторудные тела в рудниках Байдат и Байго представлены субпараллельными сланцеватости

кварц-сульфидными жилами. Рудовмещающими являются послойные зоны тектонических нарушений, которые образовались на участке окончания взбросо-сдвига и осложняли западные крылья и замки антиклиналей. Они формировались в режиме региональных субширотных горизонтальных напряжений. Важное значение в рудоконтроле имеют горизонты углеродистых кварц-серицитовых сланцев. Имеют место крутопадающие пострудные разломы, смещающие рудные тела.

Схожесть в морфологии и структурной позиции рудных тел Байдат и Байго с золоторудными жилами Бендигго позволяет рассчитывать на открытие новых слепых рудных тел в районе.

Выделяются две стадии золотого оруденения. Ранняя характеризуется широким развитием сфалерита и меньшим количеством золота. В позднюю стадию происходило основное осаждение золота и формировался галенит. Жильные, прожилковые и брекчиевые текстуры кварц-золото-сульфидных руд указывают на то, что региональный метаморфизм предшествовал их формированию.

Судя по геохронологическим данным по изотопии аргона в биотите, золотая минерализация на Байдате и Байго, вероятно, формировалась в триасе (250—200 млн лет назад), на стадии затухания регионального метаморфизма индосинского орогенеза.

Полученные результаты следует использовать при локальном прогнозе золоторудных месторождений в Центральном Вьетнаме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Главное управление геологии и минералов Вьетнама. Геология и минеральные ресурсы листа Бана (D-48-IV), Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1:200 000), Ханой, 1998. 73 с.
2. Геология и минеральные ресурсы листа Дак Глей-Хам Дык (D-48-24C), Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1: 50 000). Главное управление геологии и минералов Вьетнама. Ханой. 1997. 272 с.
3. Као Д.Ч. и др. Глубинные структуры и характеристики сейсмической активности на территории Вьетнама. Ханой, 1991. 140 с.
4. Ле В.Н. и др. Отчет — разведка золота в районе Фьюкшон, коммуна Фьюк Дык и коммуна Фьюк Суан, район Фьюкшон, провинция Куангнам, Дананг, 2010. 215 с.
5. Фам К. и др. Разломы и вторжения на территорию Вьетнама, обнаруженные в соответствии с интерпретацией геофизических данных. Журнал геологии, Серия В: № 5-6, 1995. 395 с.
6. Чан Ч.Х. и др. Проект «Исследование условий образования и правил распределения редких минералов, связанных с магматической деятельностью в регионах Центрального и Центрального нагорья», Архив геологии, Ханой, 2003. 345 с.
7. Banks M.J., Murfitt R.H., Quynh N.N., Hai L.V. Gold exploration of the Phuoc Son-Tam Ky Suture, central Vietnam, A case study Proceedings of PacRim Congress, Adelaide, 2004. С. 95—104.
8. Hai Thanh Tran, Khin Zaw, Halpin J.A., Takayuki Manaka, Meffre S., Chun-Kit Lai, Youjin Lee, Hai Van Le, Sang Dinh. The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications, Gondwana Research. 2014. № 26. С. 144—164.
9. McDougall Ian, Roksandic Z. Total fusion $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages using Hifar reactor, Journal of the Geological Society of Australia, 1974. № 21(1). С. 81—89.
10. Quyen N.M., Feng Q.L., Zi J.W., Zhao T.Y., Hai T.T., Thanh N.X., Tran M.D., Hung N.Q. Cambrian intra-oceanic arc trondhjemite and tonalite in the Tam Ky-Phuoc

Son Suture Zone, central Vietnam: Implications for the early Paleozoic assembly of the Indochina Block, *Gondwana Research*. 2019. № 70, C. 151—170.

11. Sharpe E.N., Mac'Geehan P.J. *field // Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea* / Ed. F.E. Hughes. [S. I.], 1990. Vol. 2. P. 1287—1296.

REFERENCES

1. The General Department of Geology and Minerals of Vietnam. *Geology and Mineral Resources of the Ba Na leaf (D-48-IV), Map of Geology and Mineral Resources of Vietnam (1:200 000)*, Hanoi, 1998. 73 p. (In Viet Nam).
2. *Geology and Mineral Resources of Dak Glei — Kham Duc leaf (D-48-24C), Map of Geology and Mineral Resources of Vietnam (1:50,000)*. General Administration of Geology and Minerals of Vietnam. Hanoi. 1997. 272 p. (In Viet Nam).
3. Cao Dinh Trieu, et al. Deep structures and characteristics of seismic activity in the territory of Vietnam, Hanoi, 1991. 140 p. (In Viet Nam).
4. Le Van Hai, et al. Report — gold prospecting in the Phuoc Son area, Phuoc Duc commune and Phuoc Xuan commune, Phuoc Son district, Quang Nam province, Da Nang, 2010. 215 p. (In Viet Nam).
5. Pham Khoan, et al. Faults and intrusions into the territory of Vietnam, discovered in accordance with the interpretation of geophysical data. *Journal of Geology, Series B: No. 5—6*, 1995. 395 p. (In Viet Nam).
6. Tran Trong Hoa, et al. Project “Investigation of formation conditions and rules of distribution of rare minerals associated with magmatic activity in the regions of the Central and Central Highlands”, Archives of Geology, Hanoi, 2003. 345 p. (In Viet Nam).
7. Banks M.J., Murfitt R.H., Quynh N.N., Hai L.V. Gold exploration of the Phuoc Son-Tam Ky Suture, central Vietnam, A case study *Proceedings of PacRim Congress, Adelaide*, 2004. P. 95—104.
8. Hai Thanh Tran, Khin Zaw, Halpin J.A., Takayuki Manaka, Meffre S., Chun-Kit Lai, Youjin Lee, Hai Van Le, Sang Dinh. The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications, *Gondwana Research*. 2014. № 26. P. 144—164.
9. McDougall I., Roksandic Z. Total fusion $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages using Hifar reactor, *Journal of the Geological Society of Australia*. 1974. № 21(1). P. 81—89.
10. Quyen N.M., Feng Q.L., Zi J.W., Zhao T.Y., Hai T.T., Thanh N.X., Tran M.D., Hung N.Q. Cambrian intra-oceanic arc trondhjemite and tonalite in the Tam Ky-Phuoc Son Suture Zone, central Vietnam: Implications for the early Paleozoic assembly of the Indochina Block, *Gondwana Research*. 2019. № 70. P. 151—170.
11. Sharpe E.N., Mac'Geehan P.J. *field // Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea* / Ed. F.E. Hughes. [S. I.], 1990. Vol. 2. P. 1287—1296.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Чан Ван Т. — внес вклад и подготовил текст статьи, провел сбор, обработку и анализ геолого-геохимических данных и создание графической информации, выполнил перевод на английский язык, подготовил текст статьи, утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Игнатов П.А. — внес вклад в разработку концепции статьи, добавил и отредактировал текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Май Чонг Т. — внес вклад в разработку, предоставил геологические данные, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Tien Van Tran — contributed to the preparation of the text of the article, the collection, processing and analysis of geological and geochemical data and the creation of graphic information, translated into English, prepared the text of the article, approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Petr A. Ignatov — contributed to the development of the concept of the article, added and edited the text of the article, finally approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Tu Mai Trong — contributed to the development of provided geological data, approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чан Ван Тиен* — аспирант кафедры геологии месторождений полезных ископаемых Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе.

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: tiendcb@gmail.com

тел.: +7 (926) 671-72-31

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5583-6337>

Игнатов Петр Алексеевич — профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе.

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: ignatovpa@mgri.ru

тел.: +7 (495) 461-37-77

SPIN-код: 7893-1477

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7956-580X>

Май Чонг Ту — доктор геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора Департамента геологии, Главное управление геологии и полезных ископаемых Вьетнама.

6, Фам Нгу Лао ул., г. Ханой 100000, Вьетнам

e-mail: tumaitrong@gmail.com

тел.: +84 93 510 03 59

Tran Van Tien* — post-graduate researcher of the Department of Geology of Mineral Deposits Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: tiendcb@gmail.com

tel.: +7 (926) 671-72-31

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5583-6337>

Ignatov Petr A. — Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Department of Geology of Mineral Deposits Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: ignatovpa@mgri.ru

tel.: +7 (495) 461-37-77

SPIN-code: 7893-1477

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7956-580X>

Mai Trong Tu — Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Deputy General Director of the Department of Geology, General Administration of Geology and Mineral Resources of Vietnam.

6, Pham Ngu Lao St., Hanoi 100000, Vietnam

e-mail: tumaitrong@gmail.com

tel.: +84 93 510 03 59

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author