



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-4-15-26>
УДК 552.12



ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ В РАЙОНЕ ФЬОКТХАНЬ — ФЬОКШОН, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ

Т. ЧАН ВАН^{1,2,*}, П.А. ИГНАТОВ¹, Т. МАЙ ЧОНГ², Х. НГУЕН ЗУИ^{1,3}

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

³ Ханойский университет горного дела и геологии
18, ул. Виен, Дык Тханг, г. Ханой 100000, Вьетнам

АННОТАЦИЯ

Введение. Обоснование целесообразности типизации золоторудных проявлений в районе Фьюктхань — Фьюкшон, Центральный Вьетнам.

Цель. Классификация и оценка перспектив золотого оруденения в районе Фьюктхань — Фьюкшон, центрального Вьетнама.

Материалы и методы. Использованы данные геологического картирования и разведки 20 месторождений и рудопоявлений рудных полей Фьюкшон и Фьюктхань, собранные в период 2001—2019 гг.

Результаты. Установлено, что в пределах Фьюктхань — Фьюкшон распространены месторождения и рудопоявления золото-сульфидно-кварцевой и малосульфидной золото-кварцевой формаций позднемезозойского возраста. Они отличаются по запасам, морфологии рудных тел, золото-серебряным отношениям и пробности золота.

Заключение. Полученные результаты следует использовать при прогнозировании наиболее крупных золотых месторождений в Центральном Вьетнаме.

Ключевые слова: Фьюктхань — Фьюкшон, Центральный Вьетнам, месторождение, рудопоявление, рудная формация, золото

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., Нгуен Зуи Х. Типизация золоторудных проявлений в районе Фьюктхань — Фьюкшон, Центральный Вьетнам. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2023;65(4):15—26. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-4-15-26>

Статья поступила в редакцию 16.06.2023

Принята к публикации 06.09.2023

Опубликована 28.09.2023

* Автор, ответственный за переписку

TYPIFICATION OF GOLD OCCURENCES IN THE PHUOC THANH — PHUOC SON AREA, CENTRAL VIETNAM

TIEN TRAN VAN^{1,2,*}, PETR A. IGNATOV¹, TU MAI TRONG², HUNG NGUYEN DUY¹

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*

³ *Hanoi University of mining and geology
18, Vien str., Ha Noi 100000, Viet Nam*

ABSTRACT

Background. Substantiation for the expediency of typification of gold occurrences in the Phuoc Thanh–Phuoc Son area, Central Vietnam.

Aim. To classify and evaluate the prospects of gold mineralization in the Phuoc Thanh–Phuoc Son area, Central Vietnam.

Materials and methods. The data of geological mapping and exploration of 20 deposits and ore occurrences in the Phuoc Son and Phuoc Thanh ore fields, collected in the 2001–2019 period, were analyzed.

Results. The deposits and ore occurrences of gold-sulfide-quartz and low-sulfide gold-quartz formations of the Late Mesozoic age were established to be common within the Phuoc Thanh–Phuoc Son area. These deposits differ in terms of reserves, ore body morphology, gold-silver ratio, and gold fineness.

Conclusion. The results obtained can be used when forecasting the largest gold deposits in Central Vietnam.

Keywords: Phuoc Thanh–Phuoc Son; Central Vietnam; ore deposit; ore occurrence; ore formation; gold

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

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

For citation: Tran Van Tien, Ignatov P.A, Mai Trong Tu, Nguyen Duy Hung. Typification of gold occurrences in the Phuoc Thanh–Phuoc Son area, Central Vietnam. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(4):15–26. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-4-15-26>

Manuscript received 16 June 2023

Accepted 06 September 2023

Published 28 September 2023

* Corresponding author

Введение

Район Фьюкхань — Фьюкшон расположен в провинции Куангнам и имеет площадь 600 км². Здесь имеются геологические карты масштаба 1:50 000, составленные в 1991, 1997, 2004 годах (BD 281; BD 194: BD 242) [2—4]. В последние годы район Фьюкхань — Фьюкшон занимает первое место во Вьетнаме по добыче золота. В эксплуатации в настоящее время находятся три рудных месторождения, запасы которых ограничены. Поэтому встает задача увеличения запасов известных

и поиска новых месторождений наиболее продуктивных золоторудных формаций.

Геологическое положение золоторудных полей

Район находится в региональной зоне геологической структуры Хамдык, где сосредоточены месторождения золота [1, 10, 11]. Они распределены в различных геологических формациях, возраст которых колеблется от протерозойского до позднего пермского периода (рис. 1). Рудное поле Фьюкхань расположено на юге района, Фьюкшон — на северо-западе.

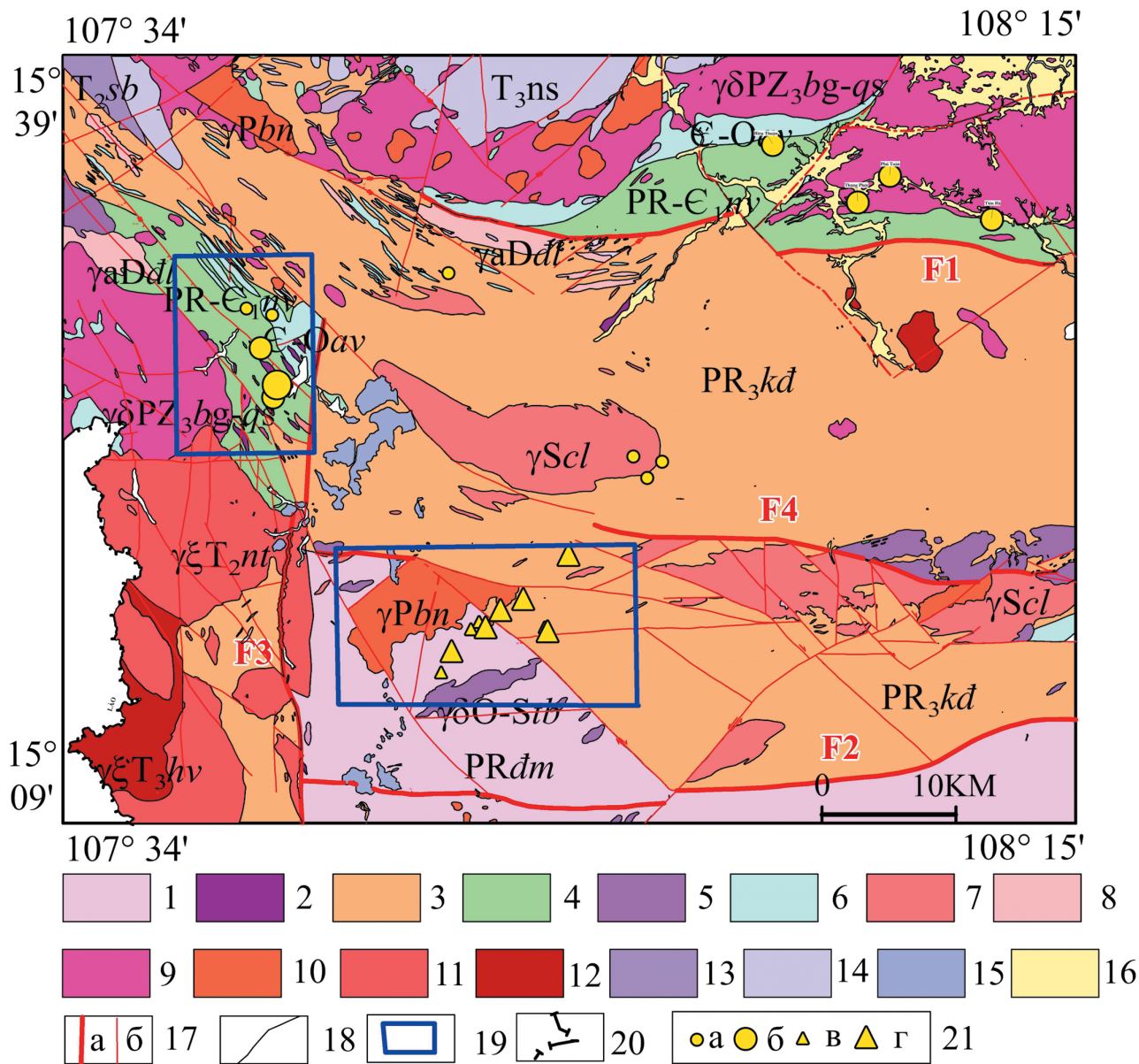


Рис. 1. Геологическая карта центральной части района Куангнам — Куангнай. Масштаб 1:200 000 (по Нгуен Суан Бао (1995)). 1 — толща Дакми (PRđm); 2 — комплекс Хьепдук (σPZ1hđ); 3 — толща Хамдук (PR3kđ); 4 — толща Нуйву (PR-Є1nv); 5 — комплекс Чабонг (O-Stb); 6 — толща Авьонг (Є-O1av); 7 — комплекс Чулай; 8 — комплекс Дайлок (Ddl); 9 — комплекс Бенжанг — Куешон (PZ3bg-qs); 10 — Бана (γPbn); 11 — Нгокпенгток (δT2nt); 12 — Хайван (γT3hv); 13 — Шонгбунг (T2sb); 14 — Нонгшон (T3ns); 15 — Дайнга (βN2đn); 16 — четвертичные отложения q; 17 — разломы (а) — главные; (б) — второстепенные; 18 — геологические границы; 19 — контуры золоторудных полей Фьюкшон и Фьюктхань; 20 — границы страны; 21 — золоторудные месторождения рудного поля Фьюкшон и другие с запасами а < 1 т и б > 1 т; рудного поля Фьюктхань с запасами < 1 т и б > 1 т

Fig. 1. Geological map of the central part of Quang Nam — Quang Ngai. Scale 1:200 000 (according to Nguyen Xuan Bao (1995)). 1 — Dakmi Unit (PRđm); 2 — Hiep Duc Complex (σPZ1hđ); 3 — Kham Duc Unit (PR3kđ); 4 — Nui Vu Unit (PR-Є1nv); 5 — Tra Bong Complex (O-Stb); 6 — A Vuong Unit (Є-O1av); 7 — Chu Lai Complex, 8 — Dai Loc Complex (Ddl); 9 — Ben Giang — Que Son Complex (PZ3bg-qs); 10 — Ba Na (γPbn); 11 — Ngoc Peng Toc (δT2nt); 12 — Hai Van (γT3hv); 13 — Song Bung (T2sb); 14 — Nong Son (T3ns); 15 — Dai Nga (βN2đn); 16 — Q; 17 — faults (a) — main; (b) — secondary; 18 — geological boundaries; 19 — contours of the Phuoc Son and Phuoc Thanh gold ore fields; 20 — borders of the country; 21 — gold deposits of the Phuoc Son ore field and others with reserves a < 1 t and b > 1 t; Phuoc Thanh ore field with reserves < 1 t and b > 1 t

Протерозойская толща Дакми, расположенная на юге исследуемого района, состоит из кварц-биотитовых и биотит-плагиогнейсовых сланцев, высокоглиноземистых сланцев, есть немного амфиболового гнейса и диопсидового сланца. Пачки толщи простираются на северо-восток, падают под углами $10\text{—}35^\circ$ на юго-восток и северо-запад, за исключением зон контактного метаморфизма. Мощность толщи колеблется от 1000 до 1300 м, а степень мигматитизации уменьшается от периферии к центру распространения толщи.

Протерозойская толща Хамдык представлена в районе выходами вдоль широты с наибольшей концентрацией в центральной части. Она состоит из кварц-биотитовых сланцев, биотит-амфиболовых и биотитовых гнейсов, двуслюдяных сланцев, иногда с тонкими линзами амфиболита. Толща подвергалась гранитизации, что привело к развитию мигматитных полей. Мощность толщи варьирует от 1000 до 1500 м. Ее метаморфическая зональность крайне сложна и полиморфна, варьируя от филлитов до эпидот-амфиболитов и мигматитов.

Протерозойско-кембрийская толща Нуйву представлена двумя узкими полосами, расположенными на северо-востоке и северо-западе района. Она относится к метаморфическому массиву Дакса. Основными компонентами толщи являются различные виды сланцев, включая плагиоклаз-амфиболовые, плагиоклаз-эпидотовые, кварц-биотитовые, кварц-полевошпат-биотитовые и кремнистые. Мощность толщи составляет примерно от 1200 до 1300 м.

Толща Авыонг простирается с северо-запада на юго-восток. Она состоит из кварц-серицитовых сланцев, кремнистых, кварц-хлорит-серицитовых и известковых сланцев, кварцитов, которые чередуются между собой. Толща смята в складки с осями в южном направлении. Падения пачек под углами $60\text{—}70^\circ$ на юг. Толща Авыонг имеет исходный состав терригенных отложений и метаморфизована в зеленосланцевой фации при средних температурах и давлении. Мощность толщи составляет 1200—1300 м. Возраст толщи считается раннепалеозойским (ранний кембрий — ордовик) [10].

Толща Шонгбунг (T2sb) расположена в центре и западной части исследуемой площади. Породы представлены потоками дацитов, дациториолитов и их туфов, а также кремнистых глин, чередующихся с серовато-фиолетовыми, темно-серыми конгломератами, гравелитами, песчаниками и алевролитами. Мощность ее составляет 700—1300 м.

Толща Нонгшон (T3ns) занимает небольшой ареал на севере изучаемой территории. Породы

часто залегают с углом падения $10\text{—}20^\circ$. Мощность толщи 500—900 м. В ее состав входят красно-бурые или светло-лиловые песчаники, алевролиты, углистые алевролиты и глины и прослои угля. Возраст толщи Нонгшон считается поздне триасовым [10].

Плиоценовая толща Дайнга ($\beta N2dn$) однородная и состоит из базальтовых пачек, выветрившихся до красной почвы. Базальтовые пачки состоят из двупироксеновых и оливин-авгит-плагиоклазовых базальтов и плагиобазальтов. Базальтовые покровы расположены на денудационных поверхностях палеогенового возраста. Основываясь на геологической позиции, толщу отнесли к плиоценовому возрасту. Мощность ее достигает 200 м.

Четвертичные отложения широко развиты на территории района, особенно вдоль морского берега, и занимают почти одну пятую часть от общей площади исследуемого района. Они представлены валунами, галечниками, гравием, дресвой, песками, алевритами, глинами и торфяниками различного происхождения. Мощность отложений достигает 200 м в приморской части.

Интрузивные тела комплекса Хиепдык имеют форму линз, распределены цепочками вдоль разломов Тамки — Хиепдык. Они включают дуниты, гарцбургиты и пироксениты. Породы оталькованы, серпентинизированы и карбонатизированы. В районе наблюдаются зоны перемешивания серпентинитов с обломками метагабро и пироксенита, а также диоритов, кварц-тонолитов и плагиогранитов, сильно деформированных и метаморфизованных. Комплекс относится к раннему палеозою [12].

Гранитоидные образования комплекса Чабонг (O-Stb) прорывают, деформируют и содержат линзы пород толщи Дакми в центре района. На северо-востоке породы комплекса Хамдык имеют тектонические контакты с комплексом Чулай. В комплексе выделяют три фазы. Первая включает мелкие тела габбро, габбро-диоритов и диоритов, проникающих в метаморфические породы толщи Хамдык. Основными компонентами пород 2-й фазы являются тоналиты, биотит-роговообманковые гнейсы, гранодиориты, биотит-роговообманковые плагиогнейсы с интрузивной остаточной структурой. Породы фазы 3 слагают небольшой блок на северной окраине комплекса, состоят из плагиогранито-гнейса и гранито-гнейсов. Изотопный возраст циркона из гранодиоритов (образцы ТВ1, ТВ2, ТВ3) по U-Pb методу оказался $444,3 \pm 6,1$ млн лет [5].

Гранитоидные интрузивы комплекса Чулай (γScl) включают гранитогнейсы, плагиограниты,

мигматитовые граниты, слюдяные граниты и пегматиты. Они залегают согласно с метаморфическими породами комплекса Хамдык, их границы с окружающими породами не отчетливые. Породы пронизаны магматическими образованиями и дайками пермского комплекса Бана. Граниты Чулайского комплекса в районе исследования относятся к средне- и высокоалюминиевому типу, высокой щелочности, преобладанию калия над натрием, низкокальциевые, эти характеристики типичны для S-гранитов [11]. Анализ изотопного возраста цирконов по U-Pb методом показал, что возраст комплекса Чулай составляет $426,7 \pm 5,7$ и $447,0 \pm 7,0$ млн лет [10, 13].

Граниты Дайлок (Ddl) обнажаются на поверхности в виде небольших в первые сотни квадратных метров блоков, которые частично изменяют и деформируют метаморфические породы комплекса Хамдык в виде мелких складок. Основными компонентами комплекса являются биотитовые гранито-гнейсы, гранодиорито-гнейсы и мигматитовые граниты. По U-Pb методу по циркону определены изотопные возрасты 406—418 млн лет [13, 14].

Комплекс Бенжанг — Куешон ($\gamma\delta P2-3bq$) широко распространен и часто представляет собой штоки или батолиты, распространенные вдоль глубинных разломов на северной и южной окраинах массива Контум. На исследуемой территории комплекс состоит из двух фаз: ранней и жильной.

Комплекс известковой щелочной серии, нормального петрохимического ряда, щелочного типа Na-K. Порода комплекса I-гранитного типа [4]. Комплекс относится к позднему палеозою.

Пермские гранитоидные породы комплекса Бана (γPbn) состоят из двух фаз, из которых первая является основной интрузивной, на которую приходится большая часть массы блока, представляющая собой биотитовый гранит и среднекрупнозернистый слюдяной гранит. Породы 2-й фазы представлены биотитовым гранитом, светлоокрашенным мелкозернистым бислюдяным гранитом, и распределены в основном по окраинам блоков. Породы 2-й фазы прорываются жилами фельзита и сопровождаются интенсивной грейзенизацией. Изотопный возраст циркона из гранита по U-Pb методу оказался $248,7 \pm 3,2$ млн лет [4]. По составу пород, изотопному возрасту и геологической позиции комплекс Бана относят к пермскому периоду.

Комплекс Нгокпенгток (T2nt) распространен на западе исследуемой зоны, основными компонентами комплекса являются монцодиорит, диорит,

граносиенит и биотитовый гранит, которые прорывают и содержат линзы пород комплекса Хамдык на юго-западе района исследований, а также породы комплекса Бенжанг — Куешон на северо-западе. Его относят к среднему триасу [4].

Комплекс Хайван ($\gamma T3hv$) включает биотитовый меланократовый гранит, биотитовый гранит, порфириовидный двухслюдяной гранит. Породы комплекса перенасыщены кремнием, с высоким содержанием алюминия, щелочной серии K-Na, породы S-гранитного типа и гранит-ильменитовой серии [1—3]. Возраст комплекса поздне триасовый [1—3].

Характеристики золоторудной минерализации в районе Фьюктхань — Фьюкшон

На сегодняшний день в районе Фьюктхань — Фьюкшон известно 20 коренных месторождений и рудопроявлений золота которые имеют общие и отличительные геологические характеристики, минеральный состав, ресурсы и изученность (табл. 1).

Объединяет золоторудные объекты района геологическое положение, они локализованы преимущественно в метаморфических сланцах протерозоя и по большей части в толще Хамдык; в экзоконтактовых зонах в основном пермских и триасовых гранитоидных массивов; в структурах пересечения региональных взбросов и сдвигов; участках морфологических изменений сдвигов и из сочленения с локальными складчатыми деформациями [1, 4, 6, 11]. Для большинства месторождений характерна жильно-прожилковая форма рудных тел.

Отличительными чертами коренных проявлений золота рудного поля Фьюкшон являются присутствие мелких даек и линз протерозойских серпентинитов, приуроченность оруденения к пачкам углеродистых сланцев и наличие золоторудных минерализованных зон и жил, включая седловидные залежи [6]. Кроме того, следует отметить широкое распространение в рудном поле Фьюктхань более глубоко метаморфизованных и древних по сравнению с комплексом Хамдык пород толщи Дакми. Что указывает на более глубокий эрозионный срез по сравнению с полем Фьюкшон.

В обоих полях наиболее распространены жильно-прожилковые рудные тела, представленные маломощными (сантиметры-дециметры) жилами и их сближенными сериями, разветвлениями, ветвящимися, кулисообразными и сложными прожилками, гнездами, пятнами и вкраплениями кварцевого и сульфидно-кварцевого состава.

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

Таблица 1. Некоторые характеристики золоторудных объектов рудных полей Фьюкшон и Фьюктхань
Table 1. Some characteristics of gold ore objects in Phuoc Thanh and Phuoc Son ore fields

№ ПП	Месторождение, рудопоявление	Форма рудных тел	Среднее содержание Au, г/т	Сумма сульфидов, %	Пробность золота, ‰	Запасы, кг
1	39	Жильно-прожилковая	3,36	10	718	224
2	45	Жильно-прожилковая	2,70	8	777—818	110
3	БайКуэ	Жильно-прожилковая	6,87	10	-	397
4	БайМоКой	Зона минерализации	7,10	5	-	312
5	Ньюкчонг	Зона минерализации	1,60	6	-	321
6	Вангне	Жильно-прожилковая	1,02	5	-	
7	К7	Жильно-прожилковая	3,00	5	-	4500
8	БайДат	Жилы	14,88	25	657—988	5906
9	БайГо	Жилы	4,24	10	637—880	19 813
10	1А	Жильно-прожилковая	7,90	5	809—825	6419
11	2	Жильно-прожилковая	1,50	5	809—825	3700
12	Фьюклап	Прожилковая	2,30	3	-	332
13	Г18	Жильно-прожилковая	2,30	10	696—799	436
14	234	Жильно-прожилковая	1,70	7		171
15	БайМуой	Жильно-прожилковая	5,20	10	668—753	264
16	4	Жильно-прожилковая	8,00	5	809—825	2344
17	ЧаВан	Жильно-прожилковая	7,40	5	809—825	1413
18	ЧаЛенг	Жильно-прожилковая	1,30	3	653—776	2600
19	Южный Фьюктхань	Жильно-прожилковая	1,40	3	696—799	1080
20	1Б	Жильно-прожилковая	5,70	5	809—840	1728

Примечание: № 1—9 — рудные объекты поля Фьюкшон, 10—20 — Фьюктхань.

Золото-сульфидно-кварцевые жилы с раздувами и пережимами достигают первых метров мощности и прослежены на десятки-сотни метров (оис. 2). Золотоносные жилы единичные, встречаются короткие линзовидные жилы, иногда в виде двойных форм. Разветвленные жилы встречаются реже.

На двух мелких месторождениях золота в поле Фьюкшон описаны золоторудные минерализованные зоны, в которых вкрапленные золото-сульфидно-кварцевые выделения преобладают над прожилковыми формами. Простираение жильно-прожилковых зон и жил наиболее часто северо-восточное, углы падения 20—40°, реже 60°, иногда 80° до вертикального залегания.

Жильная и жильно-прожилковая минерализация сопровождаются березитами, серицитизацией и пиритизацией реже — хлоритизацией и карбонатизацией вмещающих пород.

Жильные минералы представлены кварцем, полевым шпатом, карбонатом, в меньшей мере

серицитом и хлоритом. Рудные ассоциации включают пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, арсенипирит, пирротин, реже магнетит, ильменит, ковеллин, рутил, графит, золото, электрум [9]. Важно отметить большее распространение пирротина относительно пирита в рудном поле Фьюктхань по сравнению с рудами поля Фьюкшон, где преобладает пирит [1, 5]. Руды имеют характерные прожилковые, сетчатые, вкрапленные и гнездовые текстуры. Структуры руд крупно- и тонкозернистые аллотриоморфнозернистые, часто встречаются округлые формы кварца, структуры редко идиоморфнозернистые и друзовые, брекчиевидные [6]. Следует отметить, близость в наборе, содержаниях и ассоциациях рудных элементов на рассматриваемых месторождениях [1].

Соотношения между средними содержаниями золота, его пробности и суммы сульфидов с запасами рассматриваемых объектов показывают их сходство и некоторые отличия (рис. 3).

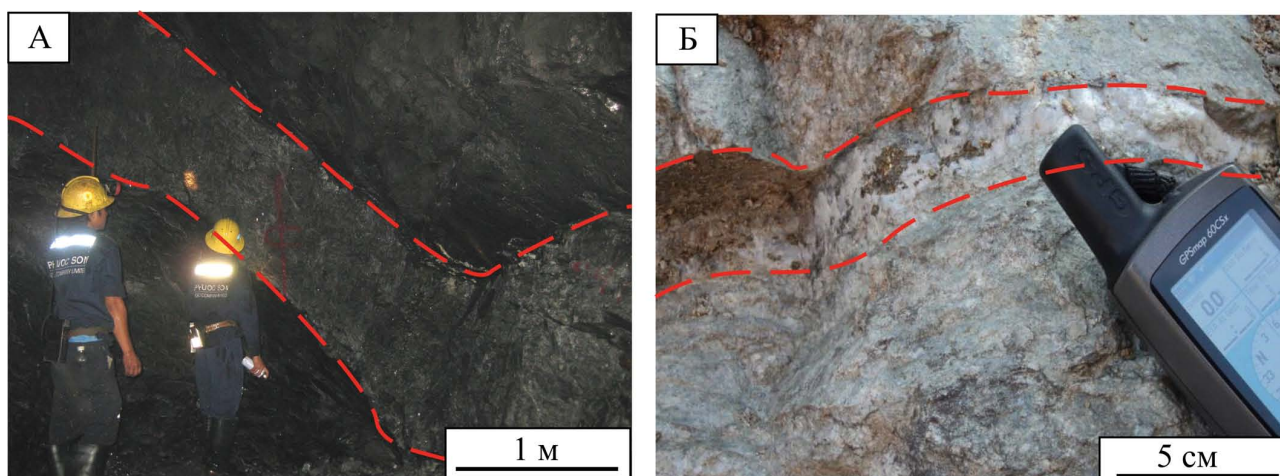


Рис. 2. Примеры золото-кварц-сульфидных жил: А — рудника Байдат поля Фьюкшон и фрагмента жильно-прожилковой зоны Б месторождения Г18 поля Фьюктхань
Fig. 2. Examples of gold-quartz-sulfide veins A — the Bai Dat mine of the Phuoc Son field and a fragment of the vein — vein zone B of the G18 deposit of the Phuoc Thanh field

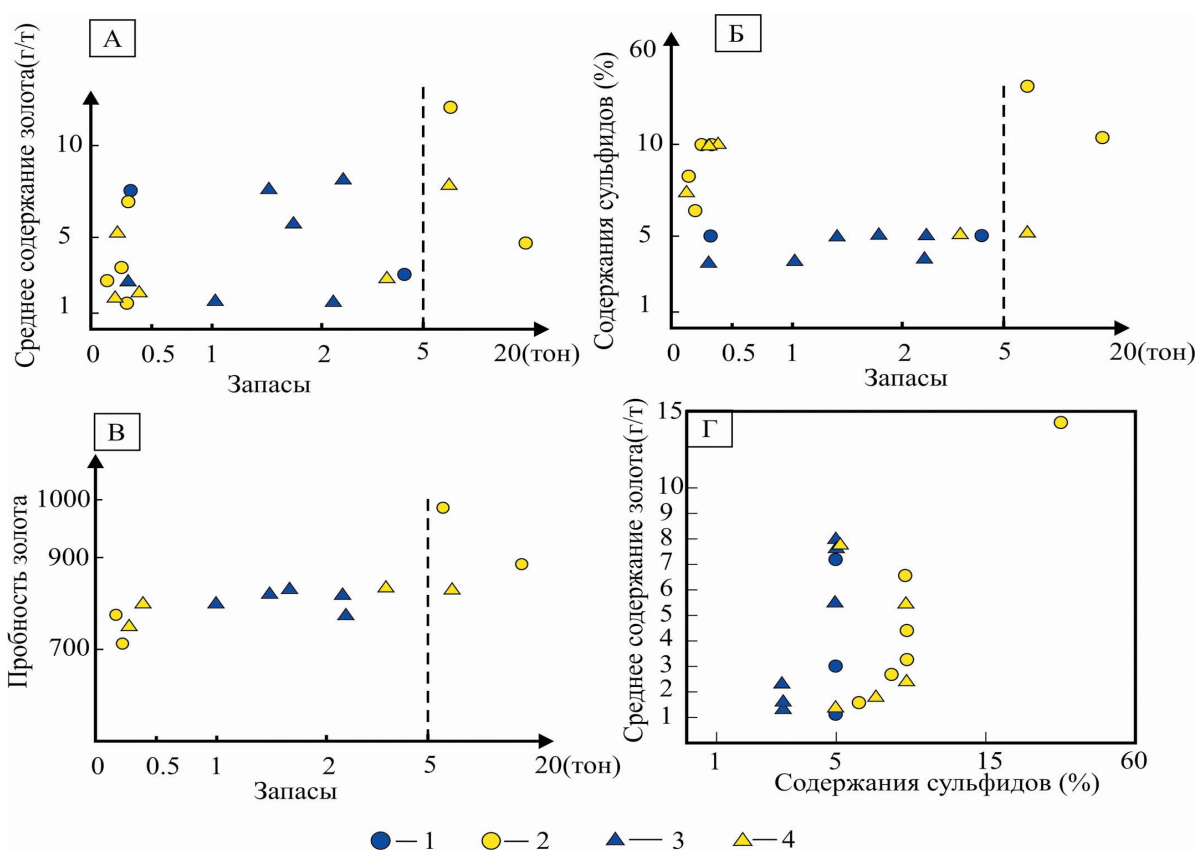


Рис. 3. Соотношения некоторых параметров руд и запасов на золоторудных объектах рудных полей Фьюкшон и Фьюктхань: А — средних содержаний Au и запасов; Б — суммы сульфидов и запасов; В — средней пробности золота и запасов; Г — средних содержаний Au и средних сумм сульфидов. 1—2 — Фьюкшон; 3—4 — объекты поля: Фьюктхань, синий цвет — суммы сульфидов <5%; жёлтый — >5%
Fig. 3. Ratios of some parameters of ores and reserves at gold ore objects of the Phyokshon and Phyoktkhan ore fields: A — average Au contents and reserves; Б — sums of sulfides and reserves; В — average fineness of gold and reserves; Г — average contents of Au and — average sums of sulfides. 1—2 — Phyokshon; 3—4 — objects of the field: Phuoc Thanh, blue color — sums of sulphides <5%; yellow — >5%

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

Средние содержания золота в месторождениях и рудопроявлениях колеблются от 1,02 до 14,88 г/т (см. табл. 1). Для поля Фьюкшон характерны объекты с более качественными рудами (Байдат, Байго, Байкуэ и 39). Практически нет связи между средними содержаниями золота в рудах и запасами (рис. 3А). Сумма сульфидов в рудах колеблется от 2 до 25%, что отражает присутствие двух типов руд — золото-кварцевой-малосульфидной (3—5%) и золото-сульфидно-кварцевой (5—50%) рудных формаций по Н.В. Петровской и др. [6].

Имеется тренд положительной связи суммы сульфидов с запасами месторождений (см. рис. 3Б). Все крупные объекты — это месторождения с высоким содержанием сульфидов. Они локализованы в рудном поле Фьюкшон. На руднике Байдат запасы золота составили

3266 кг, на Байго — 2731 кг. Остальные месторождения мелкие с запасами в сотни кг (см. табл. 1). Надо отметить, что для рудного поля Фьюкшон намечилось две группы месторождений: с мелкими запасами до одной тонны и относительно более крупными с запасами более 5 т.

Соотношение средних содержания золота и сумм сульфидов в рудах (рис. 3Г) подчеркивает присутствие руд двух вышеназванных рудных формаций в обоих рудных полях.

Размеры свободного тонкозернистого и дисперсного золота в рассматриваемых месторождениях поля Фьюкшон составляют от 1 до 1020 μm (рис. 4А—В), причем 90% золотин имеет размеры от 7 до 335 μm . Исследования образцов руды Байдат (обр. LR2500724) показали, что от 81 до 90% свободного золота, от 9,7 до 17% золота тонкозернистого — в галените, халькопирите и пирите

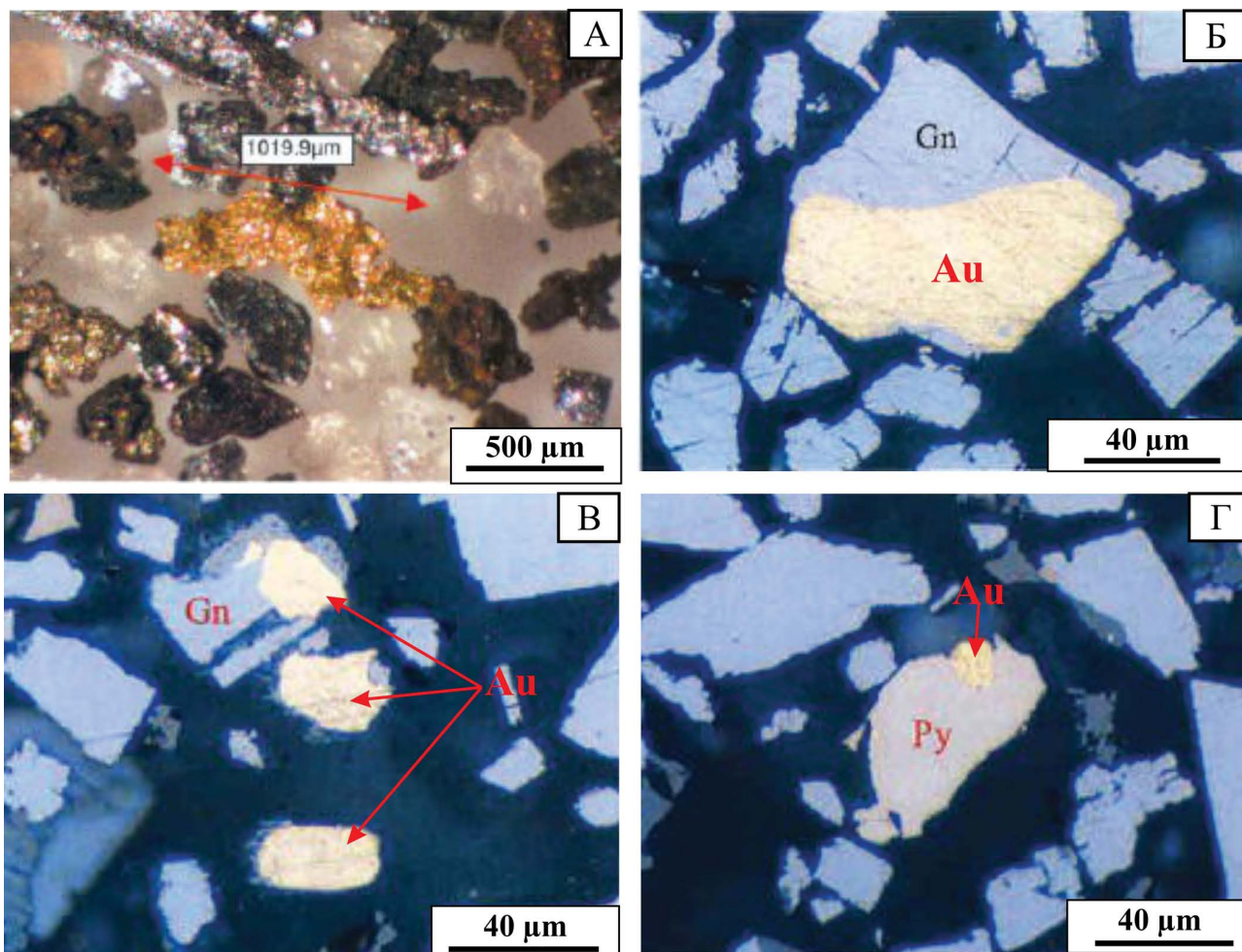


Рис. 4. Примеры свободного золота на месторождениях рудных полей Фьюкшон и Фьюктхань: А — золото с размерами 1020 μm ; Б—Г — золото тонкозернистого в галените и пирите. Gn — галенит, Au — золото
Fig. 4. Examples of free gold in the deposits of the Phuoc Son and Phuoc Thanh ore fields: A — gold with dimensions of 1020 μm ; Б—Г — fine-grained gold in galena and pyrite. Gn — galena, Au — gold

(рис. 4Б—Г) [1, 10]. Размеры золота на поле Фьюктхань колеблются от 20 до 100 μm .

В рассмотренных месторождениях и рудопроявлениях пробность Au изменяется в широких пределах — от 637 до 988‰, среднее значение составляет 825‰. Существует положительная корреляция между пробностью золота и запасами месторождений (см. рис. 4В). При этом также наметилась две дискретные группы объектов с минимальными и относительно большими запасами, но только для руд с содержаниями сульфидов более 5%. Более высокая пробность золота характерна для месторождений с большими запасами рудного поля Фьюкшон.

Рассматриваемые руды имеют гидротермальное происхождение и сформированы в 4 этапа, из которых два главные для золота [1, 9]. Температуры фазовых переходов газ-жидкость, жидкость-газ в кварце варьируют в широком диапазоне от 161 до 398 °С. Кварц проявлен во многих стадиях с температурой образования от высокой до низкой. Результаты анализа температур фазовых переходов в продуктах кварца ранней стадии находятся в диапазоне 300—380, в среднем 340; в продуктах кварца поздней стадии находятся в диапазоне 161—325, в среднем 225. Это также согласуется с предыдущими результатами исследований [1, 5] в рудных месторождениях Фьюктхань и Фьюкким, расположенных в той же зоне минерализации, при изучении взаимосвязи между молекулярной долей CO_2 и температурой фазового перехода, заключающейся в наличии двух стадий образования золотой минерализации: на ранней стадии $T = 330$ °С, $p = 660$ —900 бар, на поздней стадии продукта $T = 260$ °С, $p = 660$ —900 бар. Дегазация CO_2 приводила к резкому снижению активности серы и осаждению золота [1].

Результаты исследования стабильных изотопов сульфидной серы золотых руд района показывают, что значение $d^{34}\text{S}$ находится в узком диапазоне от -2,51 до 3,89‰ [1]. Это значение показывает единый процесс рудообразования в рассматриваемых рудных полях и что сера гидротермальных растворов имела магматическое происхождение.

Обсуждение результатов

Близость вещественного состава золоторудных объектов и морфологии большинства рудных тел и геолого-структурного положения месторождений и рудопроявлений указывают на единство ру-

дообразующего гидротермального процесса. Руды, вероятно, образовались при высоких и средних температурах с участием магматических флюидов. Формировались руды двух типов: золото-кварцевые с низким содержанием сульфидов (3—5% сульфидов) и золото-сульфидно-кварцевые (5—50% сульфидов) с близкими геохимическими характеристиками.

Ведущее значение в локализации золотого оруденения имеют тектонические разломы взбросового и сдвигового типа. В ряде случаев важную роль играют горизонты углеродистых сланцев и послойные нарушения.

Большая продуктивность золоторудного поля Фьюкшон по сравнению с Фьюктхань коррелируется с наличием крупных золоторудных жил и минерализованных зон, большим распространением золото-кварц-сульфидных руд, рудолокализирующей роли углеродистых сланцев и присутствии тел серпентинитов. Эти факты можно интерпретировать как участие на Фьюкшон более насыщенного сероводородом гидротермального раствора при движении его в более крупных тектонических полостях и более масштабного процесса дегазации. Такие условия должны были быть в относительно верхних этажах древней рудообразующей системы и, соответственно, меньшим эрозионным срезом в этом рудном поле.

Этот вывод косвенно подтверждается преобладанием пирротина в рудах на Фьюктхань, что характерно для глубоких уровней золоторудных объектов [6]. А также распространением в этом рудном поле более древних метаморфических образований по сравнению с рудным полем Фьюкшон.

Заключение

Поисковый потенциал золоторудных полей Фьюктхань и Фьюкшон в Центральном Вьетнаме связан с прогнозом тектонических ловушек в узлах пересечения и изгиба взбросов и сдвигов, нарушающих метаморфические сланцы протерозоя в зонах экзоконтакта палеозойских и мезозойских гранитов в виде жильно-прожилковых зон и относительно протяженных жил золото-мало-сульфидного и золото-сульфидного состава в ореолах березитов, серицитолитов и карбонатизации. При этом следует оценивать вертикальную зональность оруденения, вероятную смену этих образований по вертикали и наличие благоприятных паек углеродистых сланцев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бинь В.К. и др. Исследование и прогнозирование потенциала золотых полезных ископаемых, скрытых глубоко в золоторудных полях в зоне Тамки-Фьюкшон в центральном регионе. Геологический архив. БиньДинь, 2017. 188 с.
2. Геология и минеральные ресурсы, листы ДакГлей — Хамдык (BD 242). Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1: 50 000). *Главное управление геологии и минералов Вьетнама*. Ханой. 1997. 419 с.
3. Геология и минеральные ресурсы, листы Тамкй — Хиепдык (BD 194). Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1: 50 000). *Главное управление геологии и минералов Вьетнама*. Ханой, 1991. 721 с.
4. Геология и минеральные ресурсы, листы Чамй — Такпо (BD 281). Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1: 50 000) *Главное управление геологии и минералов Вьетнама*. Хошимин, 2004. 775 с.
5. Зуонг Л.В. и др. Оценка минералов золота и других минералов, связанных с регионами Чану, Чатуи, Куангнам и Куангнгай. Геологический архив. Ханой, 2001. 210 с.
6. Нарсеев В.А. Промышленная геология золота. М.: Научный мир, 1996. 243 с.
7. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 247 с.
8. Чан Ван Т., Игнатов П.А., Май Чонг Т. Закономерности локализации золотой минерализации в районе Фьюкшон, Центральный Вьетнам // Известия вузов. Геология и разведка. 2023. № 1. С. 15—27.
9. Чан В.Т., Игнатов П.А., До М.Ф. Геологическое положение и вещественный состав руд золоторудных месторождений района Куангнам — Куангнгай, Центральный Вьетнам // Разведка и охрана недр. 2022, № 12. С. 19—27.
10. 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.
11. Dinh S.Q. Petrographic characteristics and zircon U–Pb geochronology of granitogneiss rocks in the Chu Lai–KhamDuc area (Quang Nam province). *Sci Technol Dev J–Nat Sci*. 2017. No. 1. С. 258—272.
12. 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. No. 26. С. 144—164.
13. 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. No. 70. С. 151—170.
14. Trinh L.T., Tran T.H., Nguyen H.H., Bui B.H., Carter A. New results of the study on isotopic age of the granodiorite of Chu Lai Complex in Northeastern Quang Ngai by U — Pb zircon isotope dating method // *Journal of Mining Science and Technology — Geology (In Vietnam with English abstract)*. 2019. No. 60(1). С. 7—14.
15. Jiang W., Yu J., Wang X., Griffin W.L., Pham T., Dinh N., Wang F. Early Paleozoic magmatism in northern Kontum Massif, Central Vietnam: Insights into tectonic evolution of the eastern Indochina Block // *LITHOS*. 2020. No. 376—377. С. 21. DOI: 10.1016/j.lithos.2020.105750

REFERENCES

1. Binh V.K. Research and forecasting of the potential of gold minerals hidden deep in gold fields in the Tam Ky — Phuoc Son zone in the central region, *Geological Archive*. Binh Dinh. 2017. 188 p. (In Viet Nam).
2. *Geology and Mineral Resources Sheets Dak Glei- Kham Duc (BD 242), Map of Geology and Mineral Resources of Vietnam (1:50 000)*. General Administration of Geology and Minerals of Vietnam. Hanoi. 1997. 419 p. (In Viet Nam).
3. *Geology and Mineral Resources Tam Ky — Hiep Duc sheets (BD 194), Map of Geology and Mineral Resources of Vietnam (1:50 000)*. General Administration of Geology and Minerals of Vietnam. Hanoi. 1991. 721 p. (In Viet Nam).
4. *Geology and Mineral Resources sheets Tra My — Tac Po (BD 281), Map of Geology and Mineral Resources of Vietnam (1:50 000)* General Administration of Geology and Minerals of Vietnam. Ho Chi Minh City. 2004. 775 p. (In Viet Nam).
5. Luong L.V. Evaluation of Gold Minerals and Other Minerals Associated with the Tra Nu, Tra Thuy, Quang Nam, and Quang Ngai Regions, *Geological Archive*. Hanoi 2001. 210 p.
6. Narseev V.A. *Industrial geology of gold*. Moscow: Scientific world, 1996. 243 p.
7. Petrovskaya N.V. *Native gold*. Moscow: Nauka, 1973. 247 p.
8. Tran Van T., Ignatov P.A., Mai Trong T. Patterns of localization of gold mineralization in the Phuoc Son area, Central Vietnam // *Izvestiya vuzov. Geology and exploration*. 2023, No. 1. P. 15—27.
9. Tran V.T., Ignatov P.A., Do M.P. Geological position and material composition of the ores of gold deposits in the Quang Nam–Quang Ngai region, Central Vietnam // *Exploration and protection of mineral resources*. 2022, No. 12. P. 19—27.
10. 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.

11. Dinh S.Q. Petrographic characteristics and zircon U–Pb geochronology of granitogneiss rocks in the Chu Lai–KhamDuc area (Quang Nam province). *Sci Technol Dev J–Nat Sci*. 2017. No. 1. С. 258–272.
12. 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. No. 26. С. 144–164.
13. 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. No. 70. С. 151–170.
14. Trinh L.T., Tran T.H., Nguyen H.H., Bui B.H., Carter A. New results of the study on isotopic age of the granodiorite of Chu Lai Complex in Northeastern Quang Ngai by U — Pb zircon isotope dating method // *Journal of Mining Science and Technology — Geology (In Vietnam with English abstract)*. 2019. No. 60(1). С. 7–14.
15. Jiang W., Yu J., Wang X., Griffin W.L., Pham T., Dinh N., Wang F. Early Paleozoic magmatism in northern Kontum Massif, Central Vietnam: Insights into tectonic evolution of the eastern Indochina Block // *LITHOS*. 2020. No. 376–377. С. 21. DOI: 10.1016/j.lithos.2020.105750

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 согласна 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.

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

Tien Tran Van — 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.

Hung Nguyen Duy — 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>

Tien Tran Van* — postgraduate student 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>

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

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 Главного управления 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

Нгуен Зуи Хынг — аспирант кафедры геологии месторождений полезных ископаемых Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе.

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: ndhung.tktd@gmail.com
тел.: +7(977)957 29 68
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4966-6933>

Petr A. Ignatov — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), Professor 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: ignatovpa@mgri.ru
tel.: +7 (495) 461-37-77
SPIN-code: 7893-1477
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7956-580X>

Tu Mai Trong — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), 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

Hung Nguyen Duy — postgraduate student 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: ndhung.tktd@gmail.com
tel.: +7(977)957 29 68
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4966-6933>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author