

О металлогении золота и сопутствующих металлов орогенного пояса Чуонг Шон и прилегающих территорий (Вьетнам)

Аннотация. Показан Au-Cu металлогенический профиль орогенного пояса Чуонг Шон, с подчинённым значением Sn-Li-оруденения. Оценено значение разновозрастных этапов минералогенеза. Отмечена важная роль интерференции орогенных и плюмовых металлогенических событий. Дана общая оценка перспектив Au-, Cu- и Sn-редкометалльной минерализации.

Ключевые слова: металлогения, золото, медь, олово, литий, орогенный пояс, ранний и поздний палеозой, триас, Вьетнам.

ГОРЯЧЕВ НИКОЛАЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, главный научный сотрудник¹, goryachev@neisri.ru

ЧАН ТУАН АНЬ²

ФАМ НГОК КАН²

НЕВОЛЬКО ПЁТР АЛЕКСАНДРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник³, shel@igm.nsc.ru

ВУ ХОАНГ ЛИ²

СВЕТЛИЦКАЯ ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник³

ШЕЛЕПАЕВ РОМАН АРКАДИЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник³, rshel@igm.nsc.ru

ЧАН ЧОНГ ХОА², trantronghoavn@gmail.com

ИЗОХ АНДРЕЙ ЭМИЛЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник³, izokh@igm.nsc.ru

ЧАН КУОК КОНГ²

НГО ТХИ ХЫОНГ²

НГО ТХИ ФЫОНГ²

НГУЫЕН ТУАН АНЬ²

ДАО ТХАЙ БАК⁴

ФАМ ТХИ ФЫОНГ ЛИЕН²

ЛЕ ДУК ЛЫОНГ²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН), г. Магадан

² Институт Наук о Земле Вьетнамской академии наук и технологий, г. Ханой

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН)», г. Новосибирск

⁴ Вьетнамская геологическая служба, г. Ханой

On the metallogeny of gold and its associated metals of the Truong Son orogenic belt and adjacent territories, Vietnam

N. A. GORYACHEV¹, TRAN TUAN ANH², PHAM NGOC CAN², P. A. NEVOLKO³, VU HOANG LY², T. V. SVETLITSKAYA³, R. A. SHELEPAEV³, TRAN TRONG HOA², A. E. IZOKH³, TRAN QUOC CONG², NGO THI HUONG², NGO THI PHUONG², NGUYEN TUAN ANH², DAO THAI BAC⁴, PHAM THI PHUONG LIEN², LE DUC LUONG²

¹ North East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo of Far East Branch of the Russian Academy of Sciences (NEISRI FEB RAS), Magadan

² Institute of Earth Sciences, Vietnam Academy of Sciences and Technology, Hanoi

³ Federal State Budgetary Institution of Science V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IGM SB RAS), Novosibirsk

⁴ Vietnam Geological Survey, Hanoi

Annotation. It is demonstrated that the Truong Son orogenic belt possesses a substantially Au-Cu metallogenic profile with a subordinate role of Sn-Li mineralization. The mineralogenetic stages of different ages are estimated in significance. The important role is noted of interference of the orogenic and plume metallogenic events. A general assessment of prospects for the gold, copper, and tin-rare metal mineralization is provided.

Key words: metallogeny, gold, copper, tin, lithium, orogenic belt, Early and Late Paleozoic, Triassic, Vietnam.

Введение. Орогенный пояс Чуонг Шон (Truong Son Belt – TSB) (Вьетнам – Лаос) является основной тектонической структурой Вьетнама, Лаоса и Восточной Камбоджи, отделяющей микроконтинент Кон Тум от платформы Янцзы. Он включает в себя террейны, состоящие из неопротерозойских, палеозойских и раннетриасовых осадочных и вулканогенно-осадочных пород. В структуре пояса чётко выделяются западный сегмент, основу которого составляют островодужные комплексы каменноугольно-пермского возраста, центральный сегмент с наиболее выраженными метаморфическими и осадочными комплексами неопротерозойско-ордовикского возраста и восточный сегмент с осадочными комплексами раннетриасового возраста.

Магматические породы образуют андезитобазальтовые и риолито-дацитовые вулканические пояса и разновозрастные гранитоидные массивы. Вулканиды составляют основу западного фланга пояса. Магматизм проявлялся в несколько этапов: раннепалеозойский (ордовик-силурийский), позднепермский, позднепермский-раннетриасовый [10, 11]. Последние три и фиксируют собой главный этап становления орогенного пояса.

Металлогения пермско-триасового орогенного пояса TSB определяется разнообразием магматических комплексов, сформировавшихся в условиях субдукции и коллизионной тектоники. В нём установлено большое количество разнотипных

месторождений Au, Cu, Pb, Zn, Sb, Sn, W, Li и других элементов, сформировавшихся в разное время в разных геодинамических обстановках.

Нами проводились региональные исследования по магматизму и металлогении TSB с экспедиционными работами (2019, 2023, 2024 гг.) в разных частях орогенного пояса как самостоятельно в процессе исполнения научного проекта «Эволюция палеозой-мезозойского магматизма и связанной металлогении орогенного пояса Чуонг Сон, Вьетнам» 2023–2025 гг., так и совместно с геологами Департамента Минеральных ресурсов Вьетнама. Представленная статья является итогом металлогенического изучения рассматриваемой структуры.

Общая характеристика TSB. На современной тектонической карте этот пояс представляет собой крупную геологическую структуру – важный компонент Индокитайского террейна, также известного как Вьетнамско-Лаосский террейн, относящийся к Индокитайскому сложному террейну [35] (рис. 1). На северо-востоке TSB ограничен шовной зоной Сонг Ма, которая является границей с Сино-Вьетнам композитным террейном. На северо-западном конце TSB прорезан зоной разлома Дьен Бьен. Шовная зона Тамки – Фуокшон образует южную границу TSB, отделяя его от террейнов Контум и Вьетнам-Камбоджа. По геологическим данным, в истории орогенного пояса проявились два этапа орогенеза, в раннем палео-

зое и позднем палеозое–раннем мезозое [10]. Они фиксируются как в региональных перерывах в осадконакоплении (в среднем ордовике и в первой половине поздней перми), так и в этапах проявления метаморфизма амфиболитовой и зеленосланцевой фаций в 470–410 млн лет и эклогито-

вой и гранулитовой фаций в 260–233 млн лет. Им соответствуют и магматические события. Раннепалеозойские граниты широко проявлены в субтеррейнах Шонг Чай (Сино-Вьетнамский композитный террейн) и в субтеррейнах Шонг Ма и Да Нанг (Вьет-Лао террейн) и в северной части тер-

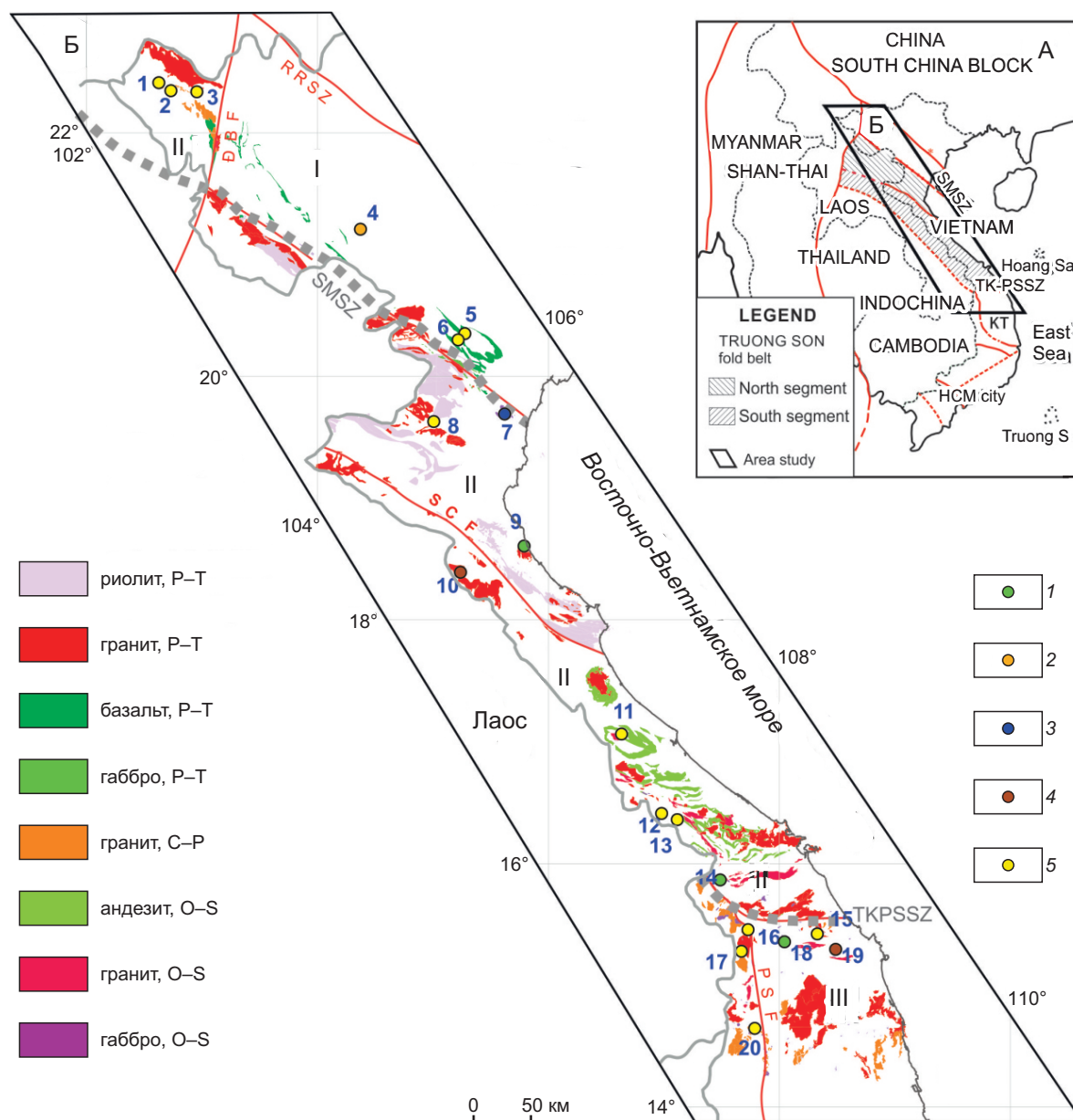


Рис. 1. Положение изученных объектов в структурах пояса Чуонг Шон:

месторождения и рудопроявления: 1 – Cu-(Au) (9 – Йен Чу, 14 – Ча Вал, 18 – Кон Ра), 2 – Cu-Ni-PGE (4 – Бан Фук), 3 – Cr (7 – Нуи Ныа), 4 – Sn-(W-Li) (10 – Кхе Бун, 19 – Ла Ви), 5 – Au-(Cu-Sb-Ag) (1 – Нам Кха А, 2 – Кан Хо, 3 – Нам Куой, 5 – Кам Там, 6 – Лаг Нео, 8 – Та Сой, 11 – Са Кхиа, 12 – А Вао, 13 – А Пей А, 15 – Бонг Мьеу, 16 – Фуок Сон, 17 – Дак Бло, 20 – Дак Рипен); террейны: I – Сино-Вьетнам, II – Вьетнамско-Лаосский, III – Кон Тум

рейна Кон Тум. Позднепалеозойские–раннемезозойские изверженные породы эволюционировали от островодужных эффузивов и I типа гранитоидов с датировками 295–260 млн лет к орогенным гранитоидам I и S типа с датами 250–236 (245–249) млн лет и постороженным высококалийным вулканоплутоническим ассоциациям, сформированным в интервале 250–200 млн лет [6, 10, 11, 33]. Одновременно с ними в северной части пояса сформировались магматические породы, связанные с Эмейшаньским плюмом в северной части пояса (базальты, коматииты и перидотиты 270–255 млн лет, кислые эффузивы и субщелочные граниты 261–248 млн лет и поздние габбро-сyenиты 247–233 млн лет) [6, 10, 11]. По особенностям распределения магматических образований и их возрасту TSB Вьетнама можно разделить на два сегмента: северный и южный. Северный сегмент TSB начинается от шовной зоны Сонг Ма до зоны разломов Сонг Ка – Рао Най, а южный – оттуда до южной границы шовной зоны Там Ки-Фьюк шон (см. рис 1). Основными структурами северного сегмента являются шовная зона Сонг Ма, поднятие Фу хоат и вулканический пояс Хоань шон, южного сегмента – дуга Лонг Дай и шовная зона Там Ки-Фьюк шон.

Метаморфизм. Известные материалы по исследованию проявлений метаморфизма в структурах TSB [10, 11, 19] свидетельствуют о проявлении неопротерозойского метаморфизма в древних блоках (Фан Си Пан и Кон Тум) и двух более молодых этапов: 470–410 млн лет (амфиболитовая и зеленосланцевая фации) и 260–233 млн лет (ультравысокотемпературные метаморфические комплексы) [10, 11, 19], которые характерны для всех террейнов. При этом только позднепалеозойский–раннемезозойский этап фиксируется практически во всех зонах крупных разломов (Ча Бонг, Да Нанг-Кхе Сань, Шонг Ка и другие) калий-аргоновым методом, дающим явно омоложенные даты – 245–220 млн лет для милонитов и бластомилонитов [10]. Возможно, это указывает на поздние сдвиговые движения по основным зонам разломов [30], что привело к перемещению отдельных террейнов (Фан Си Пан) и разделению единых террейнов на отдельные блоки (субтеррейны) характерной удлинённо-линзовидной формы. Интересно, что P-T-t эволюция главного орогенного метаморфизма TSB в массиве Кон Тум и в зоне Шонг Ма произошла в интервале 270–(229–230) млн лет с пиком метаморфизма (гранулиты и эклогиты)

около 250 млн лет [19], и именно с этими датами совпадает время проявления основных орогенных гранитоидных комплексов.

Магматизм. Раннепалеозойские магматические формации. Из анализа опубликованных данных раннепалеозойскую (ордовик–силур) магматическую активность TSB можно разделить на 2 этапа: ордовикский (470–450 млн лет) и средне-позднесилурийский–раннедевонский (430–410 млн лет).

В южном сегменте TSB первый этап сформировал вулканоплутонические комплексы и известковые плутоны I-гранитного типа (вулканические породы формации Лонг Дай, гранитоидные комплексы Вит Тху Лу, Дьен Бинь-Ча Бонг), которые возникли в результате процессов субдукции океана Там Ки-Фьюк шон под Вьетнамо-Лаосский террейн, входящий в состав Восточно-Индокитайского сложного террейна [35]. Вулканические породы формации Лонг Дай состоят из андезитобазальта, андезита, дацита и в меньшей степени риодацита, в то время как комплекс Вит Тху Лу представлен габбро-диоритами, диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами и биотит-амфиболовыми гранитами. Геохимически вулканические и интрузивные породы принадлежат к щелочно-известковой серии, $\text{SiO}_2 = 55,51\text{--}64,10\%$ по весу, $\text{ASI} = 0,56\text{--}1,08$, что соответствует типу I-гранита. Они богаты литофильными и лёгкими редкоземельными элементами и бедны Nb, Ta, Ba; имеют изотопный состав Sr и Nd, типичный для магматических формаций, происходящих из нижней коры: $\text{Sr}_{(i)} = 0,7115\text{--}0,71165$, $\text{eNd}(t) = -9\text{--}12$, $\text{TDM} = 1,71\text{--}2,67$ млрд лет. В ареалах распространения пород комплексов Лонг Дай и Вит Тху Лу зафиксировано присутствие Au-сульфидно-кварцевого оруденения. По нашим данным, время формирования (U-Pb циркон LA-ICP-MS) андезитодацита формации Лонг Дай – $469 \pm 5,4$ млн лет, габбро – $467,2 \pm 7,8$ млн лет, гранита – $464,0 \pm 3,5$ млн лет. Кроме этих комплексов в самой южной части TSB известны гранита комплекса Дьен Бинь – Ча Бонг (Dien Binh – Tra Bong) с датами 447–450 млн лет [27], распространённые вдоль зоны субмеридионального разлома По Ко (Po Ko), а также монцогаббро комплекса Нгок Хой (Ngoc Noi) возрастом 460 млн лет [7]. Все они считаются мафическими производными зон субдукции, часто в контексте континентальной дуги. Согласно мнению [27], период 470–450 млн лет соответствует субдукции океанической коры Там Ки – Фьюк Шон

(Tam Ky – Phuoc Son) с двух сторон: под блок Кон Тум (Kon Tum) на юге и под блок Вьет-Лаос на север. В интервале 440–410 млн лет назад в южном сегменте пояса Чуонг шон и в пределах шовной зоны Тамки – Фуок шон были сформированы коллизионные высокоглинозёмистые граниты комплекса Дайлок, возникшие на высокотемпературной стадии метаморфизма при плавлении пелитовых гнейсов 440–430 млн лет назад [37].

На северо-западе TSB, в районе Лай Чау, габбро, габбро-диориты и гранодиориты I-типа объединены в комплекс Хой Тонг, связанный с субдукционной активностью Прото-Тетиса в силуре. Согласно нашим данным, их типичный химический состав (в %): SiO_2 – 51,73–69,50, Na_2O – 2,62–4,28, K_2O – 1,06–3,42; отношение $\text{ASI} = 0,71$ –1,06 соответствует гранитоидам I-типа. Они богаты литофильными и лёгкими редкоземельными элементами, с отрицательными аномалиями Nb-Ta, $\text{Sr}_{(i)} = 0,708$, $\epsilon\text{Nd}(T) = -0,4$ и считаются продуктом мантийной магмы с незначительной контаминацией корового материала. Нами получена U-Pb датировка $423,2 \pm 3,1$ млн лет для габбро Хой Тонг.

Позднепалеозой-раннемезозойская магматическая активность. Магматизм этого периода широко распространён в структурах TSB на территории Вьетнама. На основе анализа литературных данных и результатов наших исследований позднепалеозойскую–раннемезозойскую (пермско-триасовую) магматическую активность можно разделить на три этапа: (i) ранне-среднепермский (290–260 млн лет), (ii) позднепермский–ранне-среднетриасовый (255–245 млн лет) и (iii) средне-поздетриасовый (240–210 млн лет) [20–23, 25, 26, 28, 33, 35]. Они соответствуют геологической истории эволюции TSB от ранних процессов субдукции, начала закрытия океана Палео-Тетиса (первый этап), через завершение субдукции и аккреции во второй (орогенный) этап соединения (аккреции) двух террейнов через зону шва Сонг Ма, и, наконец, третий этап растяжения (развал орогена), приведший к образованию внутриконтинентальных рифтовых зон в складчатом поясе или структур растяжения на стабильных блоках фундамента, таких как блок Кон Тум. Каждому из этих тектоно-магматических этапов соответствует ассоциация рудных месторождений, по сути орогенных минеральных месторождений TSB.

(i) Магматическая активность, связанная с субдукцией в ранне-среднепермское время (290–

260 млн лет назад) в северном сегменте TSB проявилась в крайней северо-западной части сутурной зоны Song Ma, районах Нам Менг (Nam Meng) и Муонг Тунг (Muong Tung) (уезд Муонг Лай – Muong Lay, провинция Дьен Бьен – Dien Bien). Это среднекислые вулканические образования (андезит-дацит-риолит) формации Сонг Да (Song Da) и среднекислые интрузии (габбро-диорит, диорит, гранодиорит) комплекса Нам Менг (Nam Meng) [11]. В сутурной зоне Сонг Ма (Song Ma) на территории Вьетнама (район Song Ma) интрузивы, связанные с субдукцией, в основном представлены небольшими телами габбро, диоритов, трондьемитов и плагиогранитов. На юге южного сегмента TSB район Бен Занг (Тай Зянг, Куанг Нам) – западный фланг шовной зоны Там Ки – Фуок шон распространены диориты и гранодиориты ранней перми (290–270 млн лет) (см. рис. 1) комплекса Бен Занг [11], но раннепермские вулканические породы здесь не зафиксированы.

Раннепермские вулканические и интрузивные породы как в северном, так и в южном сегментах TSB принадлежат к ряду от известково-щелочного до высококалийного щёлочно-известкового и шошонита. В основном по химическому составу это граниты I-типа ($\text{ASI} = 0,8$ –1,1). Их источник, по данным изотопного анализа Sr-Nd (валовый состав) и Hf (циркон), имеет $\epsilon\text{Nd}(t)$ от ~ -2 до -6 и $\text{Sr}_{(i)}$ от $\sim 0,705$ до $0,710$, $\epsilon\text{Hf}(t)$ (от $+2,4$ до $4,5$) (данные авторов и [22]).

(ii) Магматическая активность позднепермского–ранне-среднетриасового периода (255–245 млн лет) наиболее распространена в TSB.

В северном сегменте присутствуют интрузии габбро и гранитов. По времени формирования их можно разделить на два этапа: позднепермско-раннетриасовый (251–250 млн лет) и ранне-среднетриасовый (250–235 млн лет). Первый этап включает интрузии габброидов и гранитов I-S-типа Йен Чу – Нуй Онг (рис. 2), тогда как последний этап включает только высокоглинозёмистые S-типа граниты (массивы Муонг Лат, Сам Сон). Габброиды включают оливковое габбро, габбро-норит, пироксенит, троктолит, анортозит, габбро-диорит и жильные породы. Геохимически они принадлежат к толейтовой серии, бедной титаном и щёлочью. По распределению редкоземельных элементов, нормированных на состав хондрита, они похожи на N-MORB, с небольшой положительной аномалией Eu, очень низкой Nb, Ta; изотопные характеристики ($\epsilon\text{Nd}(t) = +3 \dots +5$, $\text{Sr}_{(i)} =$

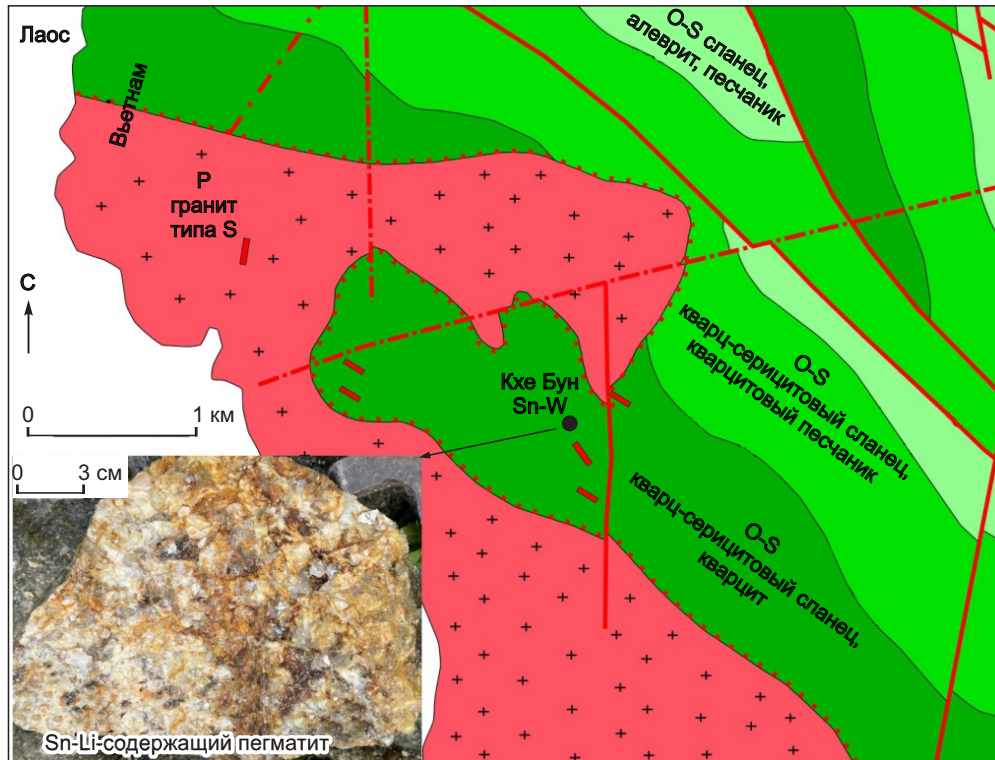


Рис. 2. Позиция рудного поля Sn-редкометалльных пегматитов Кхе Бун:

(см. 10 на рис. 1)

$\sim 0,705$ (наши данные)) демонстрируют характеристики мантийного источника, представляющего надсубдукционную литосферную мантию. Помимо рассеянной Ni-Cu-(PGE) минерализации магматического происхождения [24], в изменённом габбро также обнаружено присутствие древней гидротермальной минерализации, содержащей микровключения платиноидов [1]. Гранодиорит-гранитная ассоциация, связанная с габброидами, относится к типу I-S-гранитов. Возраст образования (U-Pb циркон LA-ICP-MS) габбро и гранита составляет $251,6 \pm 2,9$ млн лет (габбро, наши данные) и 251 млн лет (граниты) [25]. Высокоглинозёмистые гранитоиды часто содержат мусковит, кордиерит и гранат, их индекс ASI часто $> 1,2$. Изотопные характеристики показывают, что магма, из которой они образовались, имеет коровое происхождение: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (230 млн лет) = $0,7228\text{--}0,7335$, $\epsilon\text{Nd}(t) = -9,82\text{--}10,26$, TDM = $2,3\text{--}2,4$ млрд лет. Возраст формирования (U-Pb циркон LA-ICP-MS) гранита Муонг Лат колеблется в диапазоне 242–235 млн лет [26].

Позднепермско-среднетриасовая магматическая активность в южном сегменте TSB была более интенсивной и сложной, чем в северном сегменте. Она включала формирование: а) известково-щелочных вулcano-плутонических ассоциаций (тип I-гранита) 260–251 млн лет, б) высокоглинозёмистых гранитоидов I-S-типа 260–250 млн лет и в) гранитов S-типа 250–240 млн лет. Вулcano-плутонические ассоциации 260–251 млн лет включают вулканы (андезит-дацит-риолит) и интрузивы диоритов, гранодиоритов и гранитов, распространённых на западе провинций Куанг Бинь, Куанг чи и Куанг Нам. Это гранитоиды I-типа, а некоторые массивы (Дак Ронг, Куанг чи) относятся к адакитам. Группа массивов гранитоидов I-S-типа 260–250 млн лет, распространена в южном крыле разлома Сонг Ка, частично во Вьетнаме, частично в Лаосской Народно-Демократической Республике (см. рис. 1) [34]. Они сложены биотитовыми и двуслюдяными гранитами, в которых обычен силлиманит, иногда гранат. Они характеризуются индексом

ASI часто $> 1,1$, $Sr_{(i)} = 0,7116-0,7133$ и $\epsilon Nd(t) = -8,9...-6,9$, $TDM2 = 1,6-1,8$ млрд лет (наши данные). Группа массивов гранитов S-типа (250–240 млн лет) в основном представлена биотитовыми и двуслюдяными гранитами, аплитовидными гранитами и малораспространёнными гранодиоритами. В их составе обычны мусковит и кордирит. Геохимически они относительно бедны Ba, Nb, P, Sr, Ti, богаты Rb, K, Th, U и Pb; изотопные составы указывают на коровый источник магмы: $^{87}Sr/^{86}Sr_{(i)} = 0,7227-0,7335$, $\epsilon Nd(t) = -12...-8$, $\epsilon Hf(t) = -11,1...-6,7$, $TDM2 = 1,7-1,9$ млрд лет, возраст формирования 245–235 млн лет [5, 20]. Наши результаты анализа двуслюдяного гранита Хай Ван (U-Pb циркон LA-ICP-MS) показали $244,5 \pm 1,37$ и $243,08 \pm 1,47$ млн лет. Примечательно, что в период 250–240 млн лет в южном сегменте TSB также зафиксировано формирование габброидов, распределённых в виде небольших интрузивных тел, часто имеющих тесную пространственную связь с только что описанным высокоглинозёмистым гранитом и также формирующих габбро-гранитные комплексы. В составе этих основных интрузивных тел обычны монцогаббро, реже лейкогаббро, габбродиориты, пироксениты и горнблендиты, обогащённые Ti, щелочами, литофильными элементами и лёгкими редкоземельными элементами. Они датированы (U-Pb циркон LA-ICP-MS) $239,2 \pm 2,1$ млн лет и внедрены при постколлизиионном спрединге [32].

(iii) Средне-позднетриасовая магматическая активность: (240–210 млн лет назад), согласно современным исследованиям, показана только в северном сегменте TSB, а также на микроконтиненте Кон Тум и его юго-восточном фланге.

В северном сегменте TSB находятся вулканоплутонические комплексы Донг Чау – Сонг Ма (Dong Trau – Song Ma) и интрузии гранитоидов I-типа гранита Дьен Бьен (Dien Bien). Вулканические формации Донг Чау характеризуются Na и Na-K трендами щёлочности и вместе с субвулканическими телами (гранодиориты, биотит-амфиболовые граниты) комплекса Сонг Ма являются основными образованиями, выполняющими континентальную рифтовую структуру Хоань Сон – Сам Нья (Hoanh Son – Sam Nua). Вулканические и интрузивные породы этого комплекса имеют характеристики I-гранита, в меньшей степени I-S-гранита с ASI от $< 1,0$ до $> 1,1$, $^{87}Sr/^{86}Sr(230Ma) = 0,709755-0,718630$, $\epsilon Nd_{(230Ma)} = -7,38...-10,40$, $TDM = 1,1-1,7$ млрд лет. Риолит и гранит датированы

240–220 млн лет [30]. Гранитоидный комплекс Дьен Бьен включает два массива Нам Ром (Nam Rom) и Мьонг Луан (Muong Luan), сложенные габбро, диоритами, гранодиоритами и гранитами. Они относятся к щёлочной-известковой серии гранитоидов I-типа с ASI = $0,64-1,14$, $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,7072-0,7319$, $\epsilon Nd(0) = -7,8...-10,4$ ($TDM = 1,03-2,38$ млрд лет) [14, 31]. Датировки циркона (U-Pb LA-ICP-MS) в гранитоидах массива Нам Ром составили 245–220 млн лет [15, 22, 31], а массива Мьонг Луан – 208 млн лет (наши данные), значения $\epsilon Hf(t)$ составляют $-5,6...-10,4$ при $TDM2 = 1,6-1,9$ млрд лет [20, 22]. Согласно современным геодинамическим тектоническим моделям, гранитоиды комплекса Дьен Бьен были сформированы в связи с постколлизиионными процессами (данное исследование и [11]).

Металлогенические ассоциации TSB. Сложная геологическая история TSB обусловила его региональные металлогенические особенности: в северном сегменте Cu и Au в зоне Шонг Да и Au, W и Mo в зоне Шонг Ма, в южном сегменте Au и Mo в зоне Там Ки-Фьюк Шон, Au-Cu-Mo на Кон Туме и Sn в осевой части TSB и в северной окраине Кон Тума.

Золотое оруденение. Анализ золоторудных объектов Вьетнама [12] позволил выделить три типа собственно золоторудной минерализации: орогенный Au-кварцевый, Au-Sb и Au-сульфидно-вкрапленный и два золотоносных типа – Cu-порфировый и скарновый. В настоящее время мы получили новые данные, которые позволяют выделить ещё эпитеpmальный Au-кварцевый тип (месторождение Са Кхиа), который ассоциирует с ареалами медно-порфировой минерализации.

Орогенное золотое оруденение. В TSB широко распространены месторождения и рудопроявления золото-кварцевого и золото-сульфидно-вкрапленного типов, распространённых на южном фланге, в центре и на северном фланге. Наиболее крупные месторождения известны на южном фланге (табл. 1) и в центральной части (месторождение Ланг Нео [12]). Изученные нами объекты (см. табл. 1 и далее) несут в себе черты полихронного оруденения с признаками метаморфизма жильного кварца. Так, для месторождений Дак Рипен (Dak Ripen), А Пей (A Pey), Фуок Шон (Phuoc Son) в жильном кварце отмечены просечки регенерированного кварца с переотложенными сульфидами (пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит), нередко в ассоциации с амфиболом.

Табл. 1. Характеристика основных месторождений золота южного фланга TSB

Признаки	Дак Риппен	А Пей	Фуок Шон
Вмещающие породы	Кристаллические сланцы PR ₃	Амфиболовые кристаллические сланцы PZ ₁	Амфиболовые сланцы PZ ₁
Магматизм	Пострудные дайки монзонитов (240 млн лет)	Дайки аплитовидных гранитов	Древние серпентиниты, поздние дайки гранит-порфиров
Морфология рудных тел	Система крутопадающих субпараллельных жил мощностью до 0,5 м, протяжённостью около 500 м	Зона из двух систем кварцевых жил и прожилков – согласных сланцеватости и секущих, мощность первые метры, протяжённость несколько сотен метров	Три жильных рудных тела мощностью 0,2–5 м и протяжённостью первые сотни метров, согласных сланцеватости
Минералогия руд	Пирит-1 (беспримесный), пирит-2 (As до 0,71 %), пирит-3 (Co 1,5–7,14 %), сфалерит (Fe 9,1–15,84 %)	Пирит-1 беспримесный, пирит-2 содержит Co 0,51–2,07 %	Пирит-1 (As до 0,76 %, Ni до 1,3 %), пирит-2 беспримесный, галенит-1 и 2, сфалерит, (Cd 2,18–2,45 %, Fe 7,41–8,38 %) пирротин, халькопирит, пентландит
$\delta^{34}\text{S}$ (‰) сульфидов		Пирит-1 (-3,6), пирит-2 (+2,1...+4,2)	Пирит-1 (+0,6), пирит-2 (+1,1...+2,0), сфалерит (+0,2), галенит-2 (-0,5...+0,5)
Пробность золота (‰)	738–791	978–990	540–725 и 898–955
Геохимия (г/т)	(4 пробы) Pb (до 58), W (до 12), Bi (до 20,5), Mo (до 58), Cu (до 752), Ag (до 2,29), Zn (до 260), Ni (до 106), Co (до 1544)	(5 проб) Au 0,52–15,40, As до 21, Bi до 9,8, Co 30,1–82,7, Cu 67,7–383, Ni 15,5–33, Pb до 23,6, Sb 0,8–132, V 159–587, W 20–1050, Zn 57–115, S 2,5–3,6 %	(12 проб) Au 0,96–20,6, Ag до 160,7, As до 92, Bi 0,1–73,7, Cd до 2050, Cu 23–769, Ni 13,6–563, Pb 20,9 г/т (19,6 %), Sb до 869, W до 525, Zn от 0 до 6,58 %, S 0,476 (> 5 %)
Параметры			Средние содержания 3 г/т и бортовые 1,5 г/т; запасы около 30 т

Кварц имеет цвет от обычного молочно-белого до почти чёрного и с вкрапленностью сульфидов пирита и пирротина. В рудах этих месторождений отмечены до трёх генераций пирита, различающихся не только составом примесей, но и разных по изотопному составу серы (см. табл. 1). На самом крупном месторождении Фуок Шон (см. табл. 1 и [12]) отчётливо различается ранний кварц согласных сланцеватости прожилков с пиротином и, возможно, с ранним пиритом и поздние перпендикулярные и диагональные жилки и прожилки с галенитом, сфалеритом, халькопиритом и пиритом. В отдельных случаях установлено более позднее положение прожилковидных пиритовых агрегатов относительно галенит-сфалери-

тового. В пирите-1 также отмечены микровключения галенита-1 с золотом пробностью 725 ‰, кроме того, самородное золото близкой пробности (714–542 ‰) отмечено в виде самостоятельных выделений. В то же время золото, тесно ассоциирующее с пиритом-2, пирротинном, высококадмиевым и железистым сфалеритом (Cd 2,18–2,45 %, Fe 7,41–8,38 %) и галенитом-2, имеет пробность 955–898 ‰. Ранний кварц рассечён существенно галенитовыми (беспримесный галенит-2, $\delta^{34}\text{S}$ = -0,5...+0,5 ‰), в сростках со сфалеритом (Fe 6,5–8,5 % и Cd 1,3–2,0 %, $\delta^{34}\text{S}$ +0,2 ‰) прожилками, в которых иногда отмечены жилородные обособления тонкозернистого пирита-2 ($\delta^{34}\text{S}$ = +1,1...+2,0 ‰).

Таким образом, на месторождении Фуок Шон установлены два типа руд: 1) ранний чисто золото-кварцевый с прослоями пелитов причудливой формы, местами полностью замещёнными никеле-носным пиритом и пентландитом, и 2) поздний кварц-сульфидный с гнёздами и жилковидными обособлениями сульфидного (галенит + сфалерит + пирротин + реликты (?) пирита) «паркетовидного» агрегата. По данным ICP анализа (см. табл. 1), выделяются: существенно Zn руды, которые содержат весь кадмий и низкозолотоносные – сфалеритовые, существенно Pb руды с повышенным содержанием Ag, Bi, W, Sb и относительно высоким Au – галенитовые и руды с низкими концентрациями почти всех элементов с максимальным Au – кварцевые. Наши данные достаточно чётко подтверждают полигенное и полихронное происхождение золотых руд этого месторождения, о чём ранее показали [4, 16].

Приведём ещё три примера из южной, центральной и северной частей TSB. **Месторождение Дак Бло (Dak Blo)** расположено на северной границе террейна Кон Тум около вьетнамо-лаосской государственной границы. Оно представлено рудным телом линзовидной формы, относительно пологопадающим (30°) на юг, мощностью 1–5 м и видимой протяжённостью около 500 м. Руды имеют брекчиевую текстуру обломков изменённых (хлоритизированных, окварцованных) гранодиоритов, расщеплённых и сцементированных кварцевыми и пирит-халькопирит-кварцевыми жилами и прожилками мощностью первые сантиметры. Изотопный состав серы пирита +0,5 ‰. Предположительно оно локализовано в зоне надвига, по которому залегающие выше безрудные границы надвинуты на подстилающие толщи, представленные гранитами и метаморфическими сланцами в разной степени минерализованными. Здесь предполагается довольно крупный объект, контролируемый надвигом (?), прослеженным более чем на один километр. Важно отметить также высокие содержания меди в рудах этого месторождения и тесную пространственную ассоциацию его с гранитами позднепермско-раннетриасового возраста. Это сближает его с медными проявлениями массива Йен Чу и другими и ставит вопрос об их оценке на предмет золотоносности.

Пример из района месторождения Ланг Нео, охарактеризованного нами ранее [12], – **это рудопроявление Кам Там (Cam Tam)** [18]. Оно представляет собой серию кварцевых жил, локализо-

ванных в зоне разлома СЗ-ЮВ простирания, согласного с генеральным направлением структур TSB в этой его части. Они рассекают сильно изменённые базальты пермского возраста формации Кам Тху (Cam Thuy). Всего известны три жилы мощностью 0,5–0,7 м, протяжённостью до ста метров. Одна крутопадающая содержит вкрапленность золота, пирита и халькопирита – 5–10 %. Среднее содержание Au 1,7 г/т. Две других, расположенных в 400 м от первой, имеют среднее содержание Au – 2–3 и Ag – до 12,6 г/т. В изменённых базальтах, по нашим данным ICP-MS (г/т): Au 0,007–0,06, As до 32, Bi 0,05–0,06, Cu 46,8–89,6, Mo 1,05–3,34, Ni 21,8–28,5, Pb 19,3–29,8, V 262–294, Zn до 53. Вкрапленный в базальтах пирит этого рудопроявления, так же как и пирит Ланг Нео, характеризуется тяжёлой (+10,2...+12,9 ‰) серой и беспримесным составом. Он ассоциирует с калишпатом, сфеном, рутилом, альбитом и кварцем, реже хлоритом и биотитом.

Другой объект **Кан Хо (Can Ho)** является представителем золото-сульфидно-кварцевых жил Северо-Западного Вьетнама. Это золото-пирит-кварцевая жила мощностью около одного метра, полосчатая за счёт пиритовых (мелкие кристаллы и их сростки) полос и реликтов метаморфических сланцев. Количество пирита 5–10 %, в зальбандах полосы серицита. По данным микрозондового анализа, пирит без примесей. Он содержит мелкие, первые микроны (1–5 мк), золотины, пробность которых 925–935 ‰.

Орогенная Au-Sb минерализация. Эта минерализация представлена несколькими рудопроявлениями северной части Центрального сегмента TSB, образующими субширотную (до восток-северо-восточной) полосу относительно основных структур от северной кромки блока Бу Ханг через поднятие, где локализовано джаспероидное-жильное оруденение типа Ланг Нео, далее на северо-восток в район Хоа Бинь. Типичным примером является посещённое нами месторождение Та Сои, ранее частично обработанное.

Месторождение Та Сои (Ta Soi). Вмещающая толща ордовика–силура представлена переслаиванием гематитовых и глинистых сланцев с песчаниками. Они сильно деформированы. Рудные тела образованы серией субпараллельных жил, согласных сланцеватости по простиранию, но секущих по падению и пологими жилами мощностью около 10 см. Кварц молочно-белый с единичными мелкими выделениями антимонита и редким

пиритом, обычно беспримесным, в единичных случаях пирит обогащён As – 0,94 %. Судя по старым выработкам и провалам отработки, рудные тела расположены кулисообразно. В околожилых породах типична реликтовая вкрапленность лимонита (псевдоморфозы по пириту). Вероятно, это более ранняя золоторудная минерализация, которая представлена пирит-халькопирит-сфалеритовой минерализацией, судя по образцам музея экспедиции в г. Винь. Для этого сфалерита ($\delta^{34}\text{S} = -3,0\text{‰}$) характерны также высокие концентрации Cd (0,7–1,9 %) и умеренные Fe (5–7 %). Исходя из сходства состава сфалерита и пирита с раннетриасовыми золотыми объектами, можно предположить, что это ранняя минеральная ассоциация в золото-антимонитовых рудах. Антимонит представлен дощатыми кристаллами и их агрегатами размером до 1–3 см в кварце, замещающими молочно-белый массивный кварц, реже представлен «чугунным» тонкозернистым агрегатом, характерным для крупных Au-Sb месторождений Северо-Востока России. Для антимонита характерна изотопно-лёгкая сера ($\delta^{34}\text{S} = -7,7\text{‰} \dots -8,3\text{‰}$). С ним ассоциируют мелкие выделения плагионита и золота (980–999 ‰), что также характерно для золото-сурьмяного позднеорогенного оруденения Яно-Колымского пояса Северо-Востока Азии. В рудах месторождения, по данным ICP анализа (3 пробы), установлено (г/т): Au 8,75–12,9, As до 36, Cu 69,9–285, Ni до 30,2, Pb 201–585, Sb 13,8–30,5 %, W до 6, Zn 34–468.

В рудном поле месторождения Ланг Нео известно рудопроявление **Бан Лот (Ban Lot)**, представленное зоной кварц-кальцит-антимонитовых прожилков в доломитистых известняках. Кроме обильного дощатого антимонита ($\delta^{34}\text{S} = -5,3\text{‰}$), ассоциирующего с цинкенимом (Pb – 32,46, Sb – 43,96, S – 22,9 ‰), в них присутствуют включения арсенопирита беспримесного и с примесью Ni – 0,49 (0,46–0,55 ‰).

Эпитермальное месторождение золота Са Кхиа (Sa Khia) в провинции Куанг Бинь южного сегмента TSB. Рудные зоны субширотного простирания сложены окварцованными алевролитами с тонкими прожилками кварца с пиритом, нередко субпараллельными прожилками гребенчатого кварца мощностью до 1–2 см и кварц-адуляровыми жилами (обломки до 20 см). В составе руд отмечены: 1) сульфидно-кварцевые вкрапленно-гнездовые руды (обломки до 20 см), сложенные ранним молочно-белым кварцем-1 с просечками

регенерации, вкрапленностью и гнёздами (обычно 1–2 мм, до 3–5 мм) пирита, галенита с Bi – до 4,1 %, халькопирита, сфалерита с Fe – 0,36 % и сульфосолей – всего 10–15 % с поздним гребенчатым кварцем-2; 2) пиритовая сетчато-вкрапленная руда в серовато-белом кварце, иногда проявленная в виде сетчатых тонких (1–5 мм) прожилков халцедоновидного кварца с обильным пиритом в основном чистым, но иногда с примесью As 1,05 % (до 50 %) и со сфалеритом с Fe (1,31 %) в алевролитах и 3) характерные для эпитермальной минерализации полосчатые прожилки гребенчатого кварца мощностью 1–2 см с полосами галенит-сфалеритовых агрегатов в зальбандах. Галенит обычно чистый, но иногда с Bi (4,15 %), сфалерит с Fe (0,47 %), а в единичных случаях чистый клейофан. Самородное золото представлено электрумом (пробность 399 ‰) в сростании с сульфосолями Ag (полибазит, пирсеитом) и с Ag (3,69 ‰)-теннантитом. Пирит чаще чистый, но почти половина пирита с примесью As (0,91–3,89 ‰), $\delta^{34}\text{S}$ пирита ($-0,2\text{‰} \dots -0,3\text{‰}$). В отвалах горных выработок и в керне скважин отмечены туфы андезидацитов, диориты и габброиды с сульфидами. Пирит чистый, с примесью Ni, также с примесью Ni и Co, миллерит, халькопирит, пирротин образуют вкрапленность и плёночные просечки. ICP-MS анализ 4 проб (г/т): Au – 6,28–13,7, Ag – 16–2530, As – 374–2300, Cu – 169–1110, Pb – 3100–9681, S – 1,58–5,3 %, Sb – 11–630, Se – до 15, Zn – до 5,45 %. Геохимические характеристики минерализации типичны для вулканогенных руд.

Проведённые нами исследования рудной минерализации в разных частях TSB позволяют предполагать наличие в нём четырёх этапов проявления золоторудной минерализации: ордовик-силурийский, пермский, пермо-триасовый и триасовый. Ранний этап, судя по ксенолитам кварцевых жил в ордовик-силурийских гранитах, связан с процессами раннепалеозойского метаморфизма, который явился первопричиной формирования наиболее продуктивного полихронного (ордовик-силур и пермь-триас) Тамки-Фуокшонского золоторудного пояса [30]. Анализ пространственного и временного распределения месторождений и рудопроявлений орогенного золота относительно ареалов интенсивного метаморфизма позволяет принять для обоих временных этапов формирования орогенной золоторудной минерализации метаморфогенную модель, с коровым источником золота [12], при важной роли разломной тектоники

как зоны транзита рудоносных флюидов, которые разгружались в разломах высоких порядков среди относительно слабометаморфизованных осадков. В то же время широкое проявление на современном уровне среза, продуктов высокоградного метаморфизма, свидетельствует об относительно высокой эрозии метаморфогенной золоторудообразующей системы орогенного пояса Чуонг Шон.

Кроме того, полученные нами данные позволяют наметить различия разновозрастного золотого оруденения рассматриваемого орогенного пояса (табл. 2).

Они заключаются в повышенной частоте встречаемости в раннепалеозойских объектах В₁ и Со, умеренной пробности (около 700 ‰) золота, лёгкой изотопной сере рудного пирита и очень высокой железистости (более 10%) сфалерита. Позднепермские золотые руды характеризуются широким спектром примесей при высоких концентрациях Ag, Mo, Pb Zn и повышенных As, увеличенной встречаемостью As в составе пирита, низкими содержаниями Fe (менее 1%) в сфалерите, ювенильной изотопной серой (около 0) в составе сульфидов и аномально низкой пробностью золота (менее 500) и минеральной ассоциацией его с сульфосолями Ag и Ag-теннантитом. Раннемезозойское золотое оруденение главного этапа отличается по-

вышенной частотой и концентрацией W, Cd, Sb, Cu, Pb и Zn в рудах, беспримесным составом пирита, постоянно большими концентрациями Cd (до 3%) и умеренными Fe (5–8%) в сфалерите, слабо тяжёлой серой в сульфидах, локализованных в терригенных вмещающих толщах, и аномально тяжёлой (более +10‰) в сульфидах руд в карбонатных палеозойских толщах, а также высокой пробностью самородного золота. Поздние, Au-Sb, руды отличаются промышленными концентрациями Sb, аномально лёгкой серой в составе антимонита, аномально высокой пробностью самородного золота и ассоциацией его не только с антимонитом, но и с сурьмяными сульфосолями.

Для эпитермального типа золоторудной минерализации месторождения Са Кхеа, судя по геологическим и минералогическим данным, следует принять магматогенную модель связи оруденения с субвулканическими породами, распространёнными на площади рудного поля. Перспективы такого оруденения связаны с полями развития вулканических и субвулканических магматических процессов субдукционного типа пермского возраста, которые наиболее развиты в приграничной с Лаосом территории.

Sn-Li-редкометалльное и W оруденение. В орогенном поясе Чуонг Шон известно небольшое

Табл. 2. Минералого-геохимические признаки разновозрастного золотого оруденения орогенного пояса Чуонг Шон

Признаки	Этапы проявления минерализации			
	PZ ₁	PZ ₃ –MZ ₁	T ₁	T ₃
Геохимия	Au, Ag, Bi, Co	Au, Ag, As, Cu, Mo, Pb, Sb, Zn, Se	Au, (As, Ag, Bi), Cu, Pb, Cd, Sb, Zn, W	Au, Sb, (Cu, Pb, Zn)
Состав пирита	Устойчиво примесь Co	Примесь As	Стандартный, примесь As	Стандартный
Состав сфалерита	Высоко Fe	Мало Fe	Высоко Cd и умеренно Fe	
Состав галенита	Bi до 3,5 % постоянно	Bi до 4,3 % спорадически	Чистый	
δ ³⁴ S (‰) сульфидов	-3...-11	Около 0	+1,1...+4,0	-3...-8,5
Пробность золота (‰)	791–542	399	955–890	985–998
Примеры	А Пей, Дак Риппен, Фуок Шон	Са Кхиа	Фуок Шон, Кан Хо, А Пей	Та Сой

количество таких объектов. Это район Кхе Бун (провинция Ха Тинь), один объект около г. Хюэ, рудное поле Ба На около Да Нанга и рудное поле Ла Ви на северо-восточном фланге Кон Тума. Следует отметить, что эти оловорудные объекты имеют повышенную литиенность [10].

Поле оловоносных пегматитов Кхе Бун в провинции Ха Тинь южного сегмента TSB (см. рис. 2) представлено ареалом жил пегматитов мощностью 1–5 м и протяжённостью первые сотни метров. Они имеют мусковит-кварц-полевошпатовый состав (иногда со сподуменом). Крупнокристаллические агрегаты (до 3 см) мусковита нередко содержат включения ортита или эшинита (?) размером 1–2 мм, касситерита (5 мм), иногда отмечены единичные кристаллы чёрного турмалина длиной до 1 см. Пегматиты сопровождаются кварцевыми жилами и системами прожилков, субсогласных сланцеватости с апофизами во вмещающих осадках сланцеватых и ороговикованных. Кварц – дымчато-серый льдистый крупнокристаллический с мусковитом и просечками полевошпатового состава. Анализ (ICP-MS) девяти проб пегматитов и гранитов показал (г/т): Ag (до 1,17), As (до 3), Ba (до 1200), Be (до 72,9), Bi (до 10,1), Li (2 пробы более 1000), Mo (до 2,6), Nb (до 71), Rb (118–2290), Sn (5 проб 285–438), Ta (до 78). Они относятся к типу редкометалльных пегматитов, генетически связанных с пермо-триасовыми гранитоидными плутонами. Несколько иной тип шеелит-кварцевых гидротермальных жил проявлен в экзоконтактовом ареале раннетриасового гранитного плутона в среднем течении р. Шонг Ма (Бан Нга), который является типичным постмагматическим гидротермальным объектом также плутоногенного типа.

Кроме пегматитов Кхе Бун, следует упомянуть пегматитовое поле Ла Ви [36], в котором выделены 4 типа пегматитов: мусковит-альбитовые безрудные, мусковит-альбитовые с Be минерализацией, мусковит-касситеритовые и лепидолит-топаз-альбитовые с Nb-Ta-Li минерализацией. Этими исследователями они датированы по монациту и колумбит-танталиту (254,7–255 млн лет U-Pb методом), предложена генетическая модель их связи с орогенными гранитами.

Си минерализация. Ареалы Си минерализации достаточно широко распространены в структурах TSB в тесной связи с габбро-гранитными массивами I-типа (с габброидами ранних фаз). **Массив Йен Чу (Yen Chu)** (рис. 3). В контакте среднекристаллического габбро ранней фазы внедрения

со сланцево-песчаниковой толщей известно рудопроявление Си, представленное зоной смятия в осадках и дробления в габброидах мощностью около 10–12 м, насыщенной плёнками «медной зелени». В габбро отмечена вкрапленность и гнёзда пирротина до 2–3 см и системы сетчато-параллельных (общему простиранию) прожилков кварца с заметным количеством пирита чистого (один анализ дал Ni 0,36%), пирротина и халькопирита в эпидотизированных и окварцованных габбро. Мощность таких субвертикальных систем 1–1,5 м. Протяжённость до 100 м. Количество сульфидов достигает до 10%, но в целом на мощность зоны не более 5%. В габбро (Cr – 1213, Ni – 303, V – 359 г/т) отмечены полевошпат-кварцевые прожилки мощностью 1–2 см, рассекающие габбро основного тела и габбро-пегматитовые обособления в нём. В таких габбро обнаружены округлые гнёзда чёрного углисто-подобного материала размером 5–8 см, которые предположительно оказались реликтами палеогидротермальных систем, состоящими из лимонита, самородной S, барита, пирита и халькопирита с микрочастицами платиноидов [1]. В поздних среднезернистых гранитах южного фланга массива отмечена зона слабой амазонитизации полевого шпата с редкой вкрапленностью (1–2 мм) ортита или эшинита. Мощность зоны первые метры.

Ещё один пример. В районе деревни Ча Вал (Cha Val (A Dinh)) в 2 км к востоку на поверхности обнажены габброиды с медной минерализацией площадью 100 × 50 м. Медная минерализация (халькопирит, малахит, азурит) представлена зонами прожилков и гнёздами в габброидах, в которых, по данным количественного спектрального анализа, содержатся (г/т): Cr – 156, Cu – 550, Bi – 11,6, Ag – 6,76, Zn – 232, Ni – 83, Co – 89. Однако промышленное значение таких рудопроявлений невелико из-за их малых размеров.

Интересный объект Кон Ра, расположенный на северном фланге микроконтинента, – Контум в Там Ки – Фуок Шон металлогенической зоне. Здесь, по данным [2], выявлено комплексное золотоносное медное оруденение, связанное с раннеорогенными гранитоидами с поздней урановой минерализацией. Согласно [2], сульфиды этого объекта характеризуются изотопным составом серы (–3,5...–1,5‰), близким пириту Au-Cu месторождения Дак Бло. Это подчёркивает металлогеническую ассоциацию руд Au и Cu для раннеорогенного этапа TSB.

Гораздо большее внимание привлекает позднепермская порфировая адакитовая рудно-магма-

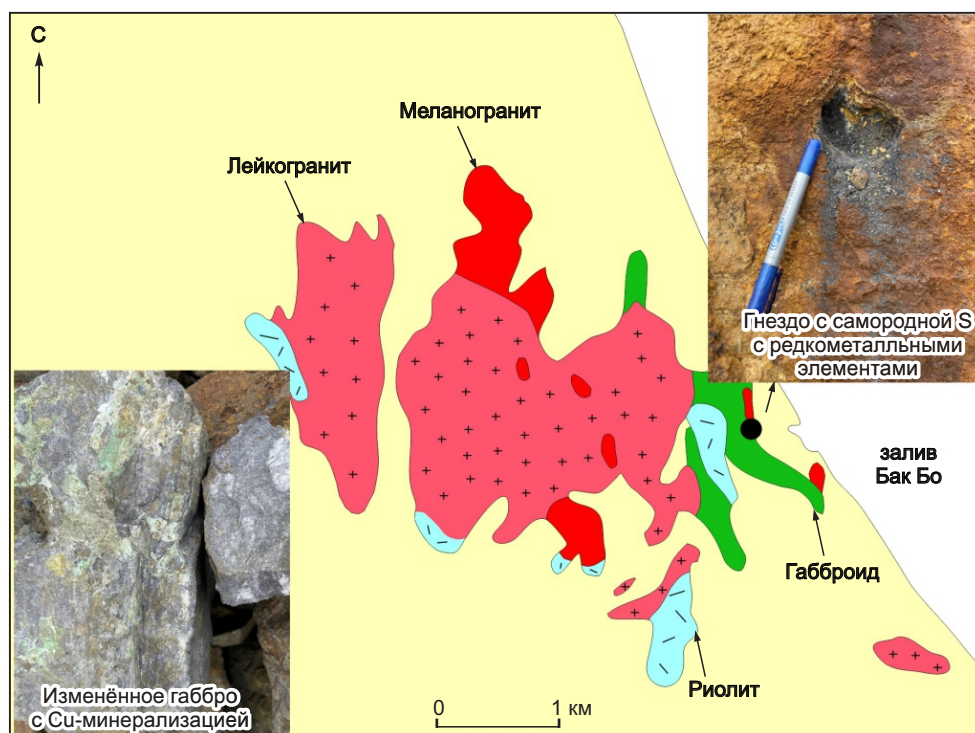


Рис. 3. Позиция Cu-минерализации в массиве Йен Чу:

(см. 9 на рис. 1)

тическая ассоциация (массив Та Лао, в Куанг Чи). В соседнем Лаосе с ней связаны медно-порфировые месторождения мирового уровня (Сепон – Серон и др.), поэтому в прилегающих структурах Вьетнама предполагаются подобные объекты. Эти адакитовые гранитоиды, согласно нашим данным, по минералого-геохимическим характеристикам максимально приближены к потенциально рудоносным в части порфировой минерализации породам. Тем более что в массивах подобных гранитов нами наблюдались признаки такой минерализации. Так, в одном из обнажений гранитов массива Та Лао (юг Куангчи) отмечен штокверк прожилков и жил гребенчатого кварца (индивиды до 1–2 см), сопровождающихся обширным ореолом калишпатизации. Мощность прожилков до 10 см, ширина зоны 1–1,5 до 5 м. Зоны калишпатизации отмечены также в гранитах массива Дак Ронг с участками окварцевания, но без видимых сульфидов.

С плюмовыми мафит-ультрамафитовыми массивами в северо-западном Вьетнаме в зоне Шонг Да связано Cu-Ni с платиноидами оруденение

(ряд точек минерализации и месторождение Бак Фук позднемагматического генезиса). Месторождение Бан Фук представлено сульфидными рудами с низким содержанием As (10 млн т массивных сульфидных руд). Среди них отчетливо выделяются два типа сульфидных руд: 1) вкрапленные руды с гнездами пирротина в сростаниях с халькопиритом (до 1–2 см) в ультрамафитах и 2) массивные сульфидные руды пентландит-пирротин-халькопиритового состава с ксенолитами (обломками) кварца в их сплошной массе. Этот кварц явно испытал преобразования – облачная окраска с каймой тёмного полупрозрачного типа и молочно-белым центром. По-видимому, это продукты кристаллизации сульфидного позднемагматического расплава. Также известны и кварцевые жилы с халькопиритом в центральных частях. Получаются две стадии формирования руд – магматическая и постмагматическая. Сульфиды имеют стабильно относительно изотопно-лёгкую серу (пирротин -3,8...-4,0‰, пентландит -3,9‰, халькопирит -4,0‰). Рядом расположено рудопроявление Бан Хонг (Ban Khong),

представляющее собой сульфидное рудное тело мощностью 1,1–2,1 м, длиной 130 м и 100 м на глубину со средними содержаниями Ni – 1,51, Cu – 0,35 и Co – 0,17%. Оно сопровождается ореолом вкрапленных руд протяжённостью около 350 м при мощности до 3 м с содержаниями Ni – 0,22–0,17 Cu – 0,11–0,34. Минерализация пентландит, пирротин, халькопирит.

Обсуждение. Магматизм орогенного пояса Чуонг Шон чётко делится на серии магматических комплексов разной геодинамической природы.

Для раннего палеозоя это субокеанические мафит-ультрамафиты с поздненеопротерозой-кембро-раннеордовикскими базальтами; аккреционно-субдукционные ордовик-силурийские вулканоплутонические базальт-андезит-риодацитовые и гранодиорит-гранитные, аккреционно-коллизийные плутонические гранитные – гнейсогранит-мигматитовые комплексы. Они распространены относительно широко в северном секторе TSB (Шонг Ма структурная зона) и на его южном фланге (районы месторождений А Пей и в северной части массива Кон Тум). Для северного фланга TSB характерна относительно низкая и рассеянная золотоносность вследствие значительной эрозии зоны зонального метаморфизма. В то же время южный фланг характеризуется более высокой золотоносностью данного этапа, однако не настолько значимой по сравнению с главными пермо-триасовыми структурами.

Ареалы проявления пермских аккреционно-субдукционных вулканоплутонических базальт-андезит-дацитовых, андезит-риолитовых и габбро-диорит-гранодиоритовой магматических ассоциаций на рассматриваемой территории не сильно большие, но тем не менее заметные, что позволяет предполагать возможность обнаружения на юго-западном фланге TSB потенциально интересных объектов медно-порфирового типа, а также эпитермальной золоторудной (Au-Ag) минерализации типа Са Кхиа в полях пермских эффузивов этого района (Там Ки). Очень интересное сочетание Au и Cu проявлено в районе Та Лао, где обе известные медные точки минерализации пространственно ассоциируют с пермским малым телом калишпатизированных в разной степени гранитов, что предполагает возможность наличия там медно-порфирового оруденения. Следовательно, необходимо провести более детальные исследования проявлений этого магматизма как наиболее перспективного с точки зрения выявления

порфирового оруденения в южной части провинции Куанг Чи и западной приграничной части провинции Тхуа Тхиен Хуэ (Thua Thien Hue). Кроме того, известные месторождения золота джаспероидного типа в районе Сепон Лаоса [8] настоятельно требуют обратить внимание на ареалы пермского магматизма в антиклинорных структурах типа района Ланг Нео, где широко проявлены явления джаспероидизации с значимым золотым оруденением [12].

Распространённость пермо-раннетриасовых габбро-гранодиорит-гранитных и гранитных массивов максимальна для структур рассматриваемого орогенного пояса. Это определяет и максимальную распространённость связанного с ними разнотипного оруденения. Тем не менее отдельные типы минерализации обладают своей спецификой локализации. В частности, меднорудные проявления распространены по всей широте TSB в структурах Центрального Вьетнама (например, см. массив Йен Чу), но всё же наиболее концентрированно они проявлены в пределах структурной зоны Там Ки – Фуок Шон в северном обрамлении микроконтинента Кон Тум (месторождения Дак Бло, Кон Ра).

Анализ металлогенической карты Вьетнама показывает неоднородное распределение пунктов минерализации и месторождений золота в стране: 1) север Вьетнама – золото распределено хаотично и каких-либо явных обособленных ареалов не образует, 2) для Центрального Вьетнама картина иная, явная линейность распространения минерализации вдоль крупных разломных зон TSB: зоны Шонг Ма, Нге Ань в обрамлении докембрийского блока Бу Кханг, зоны Ха Тинь по границе с провинцией Куанг Бинь, в Куанг Бине по северной и южной границам, Куанг Чи – Хюэ дугообразная зона и Куанг Нам – Там Ки – Фуок шон пояс, обрамление Кон Тума [11]. В первом случае, по-видимому, наблюдается сочетание рассеянной минерализации раннепалеозойского цикла с проявлениями раннемезозойского цикла, так как для позднего цикла характерна всё же локализация золотого оруденения в зонах тектонических швов (пример из зоны Шонг Ма месторождение Бан Фунг [9]), что чётко соответствует линейному распределению золоторудных объектов в аккреционно-коллизийных структурах южного фланга TSB [12].

Плутонические комплексы среднего триаса представлены посторогенными (разваливания

орогенов) плюмазовыми редкометалльными гранитами и гранит-порфирами. Для них характерна локализация поперёк складчатых структур или ориентировки тел ранних орогенных гранитоидов. Эти граниты характеризуются повышенными концентрациями Sn, Be, Li и сопровождаются рудопоявлениями редкометалльных пегматитов (Кхе Бун) или представлены амазонитовыми гранитами (Йен Чу) в осевой части центрального сектора TSB. Помимо этого, аналогичные пегматитовые поля (Ла Ви [11, 36]) есть в северном обрамлении микроконтинента Кон Тум. Однако говорить о значимости данных объектов пока рано, требуются дополнительные специальные исследования. Редкометалльная специфика этого этапа магматизма подчёркивается и сопутствующей Mo-W минерализацией жильно-прожилкового типа (Нгок Ту, район Дак То) таких гранитоидов, которая датирована 240 млн лет и наложена на золотую минерализацию в северном обрамлении Контума [12, 16]. Значимость её для промышленного освоения на данном этапе изучения пока неочевидна.

Остаётся неясной позиция среднетриасовых кислых вулканитов зоны Шонг Ма, хотя, учитывая их повышенную щёлочность, их надо объединять с дайками щелочных пород, которые, скорее всего, имеют синдвиговую геодинамическую позицию в связи с движениями, сопутствующими Эмейшаньскому плюму на северо-восточном фланге TSB. Продуктами этого события являются коматиты и месторождения Cu-Ni типа (Бан Фук) [6], представляющие большой интерес для продолжения разведочных и добычных работ. Отдельно следует отметить распространение орогенного позднего Au-Sb оруденения, которое, как отмечено выше, образует ареал, прилегающий с юга к ареалу Cu-Ni оруденения, пересекающий структуры TSB поперёк. На наш взгляд, такая его позиция обусловлена тесной парагенетической связью этой минерализации с Эмейшаньским плюмом, подобно ситуации на юге Сибири [2], где ассоциация Cu-Ni и Au-Sb руд, связанных с Сибирским плюмом, проявилась в конце орогенеза Калба-Иртышского пояса, что позволяет положительно оценивать перспективы данных типов оруденения во Вьетнаме.

Согласно приведённым данным, TSB имеет историю, схожую с Уральским (Россия) и Алтайским (Казахстан, Россия) складчатыми поясами (каледонский и герцинский этапы в единой орогенной структуре). Только проявление здесь вулканизма

не такое мощное как в указанных поясах, возможно, в силу большой эрозии. Поэтому металлогения TSB отличается от этих поясов отсутствием колчеданных месторождений, так как нет островных дуг фемического профиля (только сиалические субдукционные пояса) и нет платиноидных месторождений, связанных с поясом дунитов как на Урале, но есть Sn-Li минерализация, обычная на Алтае (Калбинский пояс). Золотое оруденение во многом похоже на уральское и калбинское с преобладанием золото-пирит-кварцевой ассоциации и тем, что большинство значимых объектов связано с герцинским этапом. Но по размерам его распространённость и значимость на данном этапе изученности слабее и меньше, чем на Урале или Большом Алтае. Сейчас только три месторождения мелкого и среднего размера разрабатываются (Син Куен, Дак Бло и Фуок Шон), а судьба Бонг Миеу неясна.

Заключение. Таким образом, специфика металлогенических особенностей TSB заключается: 1) в двухэтапности проявления орогенных (коллизонных) событий (ранний палеозой – Au, W, поздний палеозой–ранний мезозой – Au, Cu, Sn-Li, Mo); 2) в проявлении, помимо коллизии, позднепермского островодужного этапа с собственной металлогенической историей (эпитермальное Au-Ag и Cu-порфировое оруденение), который требует более глубокого исследования в приграничной с Лаосом территории провинций Куанг Чи и Тхуа Тхиен Хуэ (Quang Tri и Thua Thien Hue); 3) в совпадении главного орогенного позднепалеозойско-раннемезозойского этапа с процессом формирования Эмейшаньского плюма, что вызвало сочетание орогенной (Au, Cu, Sn-Li) и плюмовой (Cu-Ni, Au-Sb) минерализации; 4) для орогенного пояса в целом характерен благороднометалльно-халькофильный металлогенический профиль, с подчинённым значением олово-редкометалльного, что отражает фемический или фемисиалический состав подстилающей коры; 5) основные перспективы в минерально-ресурсном плане следует связывать с орогенным типом золотой минерализации, с учётом её двухэтапного происхождения. Вопрос о значимости эпитермального и медно-порфирового оруденения, а также оловолитиевого, требует дальнейшего исследования.

Статья выполнена при поддержке темы: Палеозойско-мезозойская магматическая эволюция и связанная металлогения в орогенном поясе Чуонг Шон, Вьетнам, Код: DTDLN.15/23.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячев Н. А., Чан Туан Ань, Соцкая О. Т., Васильева Т. И., Фам Нгок Кан, Ву Хоанг Ли, Чан Чонг Хоа, Нго Тхи Фыонг. О находке реликта палеогидротермальной системы в габброидах массива Йенчу (Центральный Вьетнам) // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование : тр. X Всерос. симпозиума и XVII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана / Ин-т природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Забайкал. гос. ун-т; [отв. ред. Г.А. Юргенсон]. – Чита : изд-во ЗабГУ, 2025. – С. 31–34.
2. До Минь Фыонг. Геологические условия локализации золотоносной медной и урановой минерализации в районе Кон Ра провинции Контум Центрального Вьетнама : специальность 1.6.10 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / До Фыонг Минь. – М. : РГТУ им. С. Орджоникидзе (МГРИ), 2022. – 26 с.
3. Добрецов Н. Л., Борисенко А. С., Изох А. Э., Жмодик С. М. Термохимическая модель пермотриасовых мантийных плюмов Евразии как основа для выявления закономерностей формирования и прогноза медно-никелевых, благородно- и редкометалльных месторождений // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 9. – С. 1159–1187.
4. Май Чонг Ту. Закономерности размещения золоторудной минерализации и прогноз рудоносности района Куангнам – Дананг (Вьетнам) : специальность 04.00.11 «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Май Чонг Ту. – М. : МГРИ, 1998. – 25 с.
5. Нгуен Чунг Минь. Изотопная геохронология массива Бана, возраст и условия образования оловянного оруденения Тамчинг, Центральный Вьетнам : специальность 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Нгуен Чунг Минь. – М. : ГЕОХИ, 2001. – 136 с.
6. Чан Чонг Хоа, Изох А. Э., Поляков Г. В., Борисенко А. С., Ань Чан Туань, Балыкин П. А., Фыонг Нго Тхи, Руднев С. Н., Ван Ву Ван, Ньен Буй Ан. Пермотриасовый магматизм и металлогения Северного Вьетнама в связи с Эмейшаньским плюмом // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 48, № 7. – С. 637–651.
7. Bui An Nien, Nguyen Viet Y, Tran Viet Anh, Tran Van Hieu, Pham Ngoc Can. Petro-chemical characteristics and U-Pb isotopic ages of mafic and ultramafic bodies from west margin of the kon tum geo-block. Extend. Abst. Volume of International Symposium “Large Igneous Provinces of Asia: Mantle plume and Metallogeny” LIPs, Hanoi 7-11-2013. – Hanoi, 2013. – P. 130–133.
8. Cromie P. W. Geological setting, geochemistry and genesis of the Sepon gold and copper deposits : Thesis. – Laos : University Of Tasmania, 2010. – DOI : <https://doi.org/10.25959/23211731.v1>
9. Dang Van Can, Tran Xuan Van, Pham Hong Than, Pham Binh. Listvenitization and related mineralization at Song Ma zone – VietNam // Proceedings of the Southeast Asia Gold symposium Ho Chi Min City Vietnam, December 5-7, 1991. – P. 92–99.
10. Geology and Earth Resources of Vietnam. – Hanoi : Publishing House for Science and Technology, 2011. – 646 p.
11. Geology and Georesources of Vietnam. Explanatory book for the geological, georesources map of Vietnam and adjacent sea areas at 1:1,000,000 scale / Editor in chief Tran Van Tri. – Hanoi : Youth Publishing House 2023. – 349 p.
12. Goryachev N. A., Tran Trong Hoa, Mai Trong Tu. Gold Metallogeny of Vietnam as a Part of the East Asia Gold Metallogeny // Geology and Metallogeny of Vietnam. Proceedings of International Symposium on the 35th anniversary of collaboration between the Institute of Geological Sciences, VAST and the Institute of Geology and Mineralogy SB-RAS, 28 March 2019 Hanoi. – Hanoi : Publishing House for Science and Technology, 2019. – P. 15–35.
13. Jiang W., Yu J. H., Wang X., Griffin W. L., Pham T. H., Nguyen D. L., Wang F. Early Paleozoic magmatism in northern Kontum Massif, Central Vietnam: Insights into tectonic evolution of the eastern Indochina Block // Lithos. – 2020. – 105750. – P. 376–377.
14. Lan Ching-Ying, Sun-Lin Chung, Jason Jiun-San Shen, Ching-Hua Lo, Pei-Ling Wang, Tran Trong Hoa, Hoang Huu Thanh, Stanley A. Mertzman. Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of granitic rocks from northern Vietnam // Journal of Asian Earth Sciences. – 2000. – 18. – P. 267–280.
15. Liu J. L., Tran M. D., Tang Y., Nguyen Q. L., Tran T. H., Wu W. B., Chen J. F., Zhang Z. C., Zhao Z. D., Permo-Triassic Granitoids in the Northern part of the Truong Son belt, NW Vietnam // Geochronology, Geochemistry and tectonic implications. Gondwana Research. – 2012. – 22. – P. 628–644.
16. Manaka T. A study of mineralogical, geochemical and geochronological characteristics and ore genesis in Phuoc Son gold deposit area, Central Vietnam // PhD Thesis. – University of Tasmania (UTAS), Australia, 2014. – 286 p.
17. Nguyen Thi Dung, Tran Tuan Anh, Pham Trung Hieu, Pham Minh, Le Xuan Truong, Nguyen Trung Minh, Doan Dinh Hung. Crustal evolution of Paleozoic-Mesozoic granitoid in Dakrong-A Luoi area, Truong

- Son belt, central Vietnam: evidence from zircon U-Pb geochronology, geochemistry, and Hf isotope composition // *International Geology Review*. – 2024. – V. 66, Is. 17.
18. *Nguyen Van Tu, Nguyen Nghiem Minh*. Some characteristics of geology and gold mineralization in Cmthuy – Thanh Hoa province // *Proceedings of the Southeast Asia Gokg symposium Ho Chi Min City Vietnam*, December 5–7, 1991. – P. 99–104.
19. *Osanai Y., Nakano N., Owada M., Tran Ngoc Nam, Miyamoto T., Nguyen Thi Minh, Nguyen Van Nam, Tran Van Tri*. Collision zone metamorphism in Vietnam and adjacent South-eastern Asia: Proposition for Trns Vietnam Orogenic Belt // *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. – 2008. – V. 103. – P. 226–241.
20. *Pham Duc Luong, Dang My Cung, Pham Ngoc Dung, Bui The Anh, Cao Thi Thuy Binh, Le Dinh Cuong, Luu Van Thang, Bui Thanh Van, Phung Xuan Quan*. 2015. Petrology of the Dong Trau volcanic formation in North Trung Bo, Vietnam // *Geology&Minerals*. – 2015. – V. 11.
21. *Pham T. Hieu, Nong T. Q. Anh, Pham Minh, Nguyen T. B. Thuy*. Geochemistry, zircon U–PB ages and HF isotopes of the Muong Luan granitoid pluton, Northwest Vietnam and its petrogenetic significance // *Island Arc*. – 2019. – P. 1–15. – DOI :<https://doi.org/10.1111/iar.12330>.
22. *Pham Trung Hieu, ShuangQing L., Yang Yu, Ngo Xuan Thanh, Le Tien Dung, Vu Le Tu, Wolfgang Siebel, Fukun Chen*. Stages of late Paleozoic to early Mesozoic magmatism in the Song Ma belt, NW Vietnam: evidence from zircon U–Pb geochronology and Hf isotope composition. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*. – 2017. – DOI : [10.1007/s00531-016-1337-9](https://doi.org/10.1007/s00531-016-1337-9).
23. *Pham Trung Hieu, Yi-Zeng Yang, Do Quoc Binh, Thi Bich Thuy Nguyen, Le Tien Dung, Fukun Chen*. Late Permian to Early Triassic crustal evolution of the Kontum massif, central Vietnam: zircon U–Pb ages and geochemical and Nd–Hf isotopic composition of the Hai Van granitoid complex // *International Geology Review*. – 2015. – DOI : [10.1080/00206814.2015.1031194](https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1031194).
24. *Polyakov G. V., Nguyen Trong Yem*. Permian – Triassic mafic-ultramafic complexes in Northern Vietnam. – Vietnam : Publ. House Science&Technology, 1996, 172 p.
25. *Shi M. F., Lin F. C., Fan W. Y., Deng Q., Cong F., Tran M. D., Zhu H. P., Wang, H.*, Zircon U-Pb ages and geochemistry of granitoids in the Truong Son Terrane, Vietnam: Tectonic and Metallogenic implications // *Journal of Asian Earth Sciences* : 2015. – V. 101. – P. 101–120.
26. *Thanh T. V., Hieu P. T., Minh P., Nhuan D. V., Thuy, N. T. B.* Late Permian-Triassic granitic rocks of Vietnam: the Muong Lat example // *International Geology Review*. – 2019. – V. 61. – № 15. – P. 1823–1841.
27. *Thanh Xuan Ngo, Hau V. Bui, Dung M. Tran, Yoon-sup Kim, Li Xiaochun, Hai T. Tran, Sanghoon Kwon, Yirang Jang, Bui V. Sang, Luong Q. Khang*. Ordovician continental arc magmatism in the Tam Ky-Phuoc Son Suture Zone, Central Indochina Block, Southeast Asia // *Geological Journal*. – 2022. – 1–12. – DOI : [10.1002/gj.4626](https://doi.org/10.1002/gj.4626).
28. *Thuy Thi Bich Nguyen, Pham Trung Hieu, Qian Xin, Bui The Anh, Nguyen Thi Xuan, Pham Minh, Ho Thi Thu*. Zircon U-Pb Geochronology, Geochemistry, and Sr-Nd-Hf Isotopic Composition of Ben Giang-Que Son Complex in the Southern Truong Son Belt: Implications for Permian–Triassic Tectonic Evolution // *Minerals*. – 2024. – 14. – 569. – DOI : <https://doi.org/10.3390/min14060569>.
29. *Tran Duc Luong, Nguyen Xuan Bao*. Geological Map of Vietnam, scale 1:500.000. – Hanoi : Vietnam General Department of Mining and Geology, 1989.
30. *Tran Hai Thanh, Zaw Khin, Halpin Jacqueline A., Manaka Takayuki, Meffre Sebastien, Lai Chun-Kit, Lee Youjin, Le Hai Van, Dinh Sang*. The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications // *Gondwana Research*. – 2014. – 26. – P. 144–164.
31. *Tran T. A., Tran T. H., Pham-Ngoc C., Shellnutt J. G., Pham T. T., Izokh E. A., Pham Thi Phuong L.* Petrology of the Permian-Triassic granitoids in Northwest Vietnam and their relation to the amalgamation of the Indochina and Sino-Vietnam composite terranes: Vietnam // *Journal of Earth Sciences*. – 2022. – 44(3). – P. 343–368. – DOI : <https://doi.org/10.15625/2615-9783/17002>.
32. *Tran Trọng Hòa, Bùi Ân Niên, Trần Tuấn Anh, Phạm Ngọc Cẩn, Phạm Thị Dung, Izokh A.E., Shelepaev R. A., Svetliskaya T. V.* Phu Loc and Ha Tam monzogabbro pluton during history of the Indosinian orogeny in South Truong Son. – *Bel. Geology* : 2020. – № 371–372. P. 49–67.
33. *Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Pham Thi Dung, Tran Viet Anh, Izokh A. E., Borisenko A. S., Lan C.Y., Chung S. L., Lo C. H.* Permo-Triassic intermediate–felsic magmatism of the Truong Son belt, eastern margin of Indochina // *C. R. Geoscience*. – 2008. – 340. – P. 112–126.
34. *Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Pham Ngoc Can, Izokh A. E., Goryachev N. A., Usuki T., Pham Thi Dung, Pham Thi Phuong Lien, Bui An Nien*. Proceedings of the conference on Basic Research in the field of Earth and Environment Sciences // *Natural Science&Technology Publishing House*. – 2019. – P. 37–41.
35. *Tri Van Tran, Michel Faure, Vuong Van Nguyen, Hoang Huy Bui, Michael Bryld Wessel Fyhn, Tuan Quang Nguyen, Claude Lepvrier, Tonny B. Thomsen, Kenichiro Tani, Punya Charusiri*. Neoproterozoic to Early Triassic tectono-stratigraphic evolution of Indochina and adjacent areas: A review with new data // *Journal of Asian Earth Sciences*. – 2020 – 91 – 104231.

36. Tuan Anh Nguyen, Xiaoyong Yang, Tuan Anh Tran, My Dung Tran, Thi Hien Vu, Zhuang Zhao. Mineralogy and geochronology of pegmatites in Kontum Massif, Central Vietnam : implications for evolution of rare-metal mineralization // *Lithos.* – 2024. – 107747. – P. 1–15.
 37. Vuong Bui Thi Sinh, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Ippei Kitano, Tatsuro Adachi, Anh Tran Tuan, Binh Pham. Petrology and zircon U Pb geochronology of pelitic gneisses and granitoids from the Dai Loc Complex in the Truong Son Belt, Vietnam: Implications for the Silurian magmatic-metamorphic event // *Journal of Asian Earth Sciences.* – 2022. – 226. – 105070.
 38. Xuan Thanh Ngo, Nguyen Quoc Hung, Yoonsup Kim, Sanghoon Kwon, Vinh Hau Bui, Thanh Hai Tran, Yirang Jang, Vinod O. Samuel Vinod O. Samuel. Cambrian–Ordovician Arc-Related Magmatism in the Central Southeast Asian Continents and Its Significance on Early Palaeozoic Tectonics of the Indochina Block // *Geological Journal.* – 2025. – 60. – P. 776–791. – DOI : <https://doi.org/10.1002/gj.5102>
- ### REFERENCES
1. Goryachev N. A., Chan Tuan An, Sotskaya O. T., Vasilyeva T. I., Fam Ngok Kan, Vu Khoang Li, Chan Chong Khoa, Ngo Tkhi Fyong. O nakhodke reliкта paleogidrottermalnoy sistemy v gabbroidakh massiva Yyenchu (Tsen-tral'nyy Vyetnam) [On the discovery of a relic of the paleohydrothermal system in gabbroids of the Yen Chu massif (Central Vietnam)], *Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territoriy. Ratsionalnoye prirodopolzovaniye. Sovremennoye mineraloobrazovaniye*, tr. X Vseros. simpoziuma i XVII Vseros. chteniy pamyati akad. A. Ye. Fersmana. In-t prirodnikh resursov, ekologii i kriologii SO RAN, Zabaykal. gos. un-t. ed. G. A. Yurgenson, Chita, ZabGU (publ.), 2025, pp. 31–34.
 2. Do Min Fyong. Geologicheskkiye usloviya lokalizatsii zolotonosnoy mednoy i uranovoy mineralizatsii v rayone Kon Ra provintsii Kontum Tsentral'nogo Vyetnama [Geological conditions of localization of gold-bearing copper and uranium mineralization in the Kon Ra region of Kon Tum province of Central Vietnam], Moscow, MGRI publ., 2022, 26 p. (In Russ.)
 3. Dobretsov N. L., Borisenko A. S., Izokh A. E., Zhmodik S. M. Termokhimicheskaya model permotriassovyykh mantiynykh plyumov Yevrazii kak osnova dlya vyyavleniya zakonomernostey formirovaniya i prognoza medno-nikelevyykh, blagorodno- i redkometal'nykh mestorozhdeniy [Thermochemical model of Permian-Triassic mantle plumes of Eurasia as a basis for identifying patterns of formation and forecasting of copper-nickel, noble and rare metal deposits], *Geologiya i geofizika*, 2010, V.51, No. 9, pp. 1159–1187. (In Russ.)
 4. May Chong Tu. Zakonomernosti razmeshcheniya zolotorudnoy mineralizatsii i prognoz rudonosnosti rayona Kuangnam – Danang (Vyetnam) [Regularities of gold mineralization distribution and ore potential forecast in the Quang Nam – Da Nang region (Vietnam)], Moscow, MGRI publ., 1998, 25 p. (In Russ.)
 5. Nguyen Chung Min. Izotopnaya geokhronologiya massiva Bana, vozrast i usloviya obrazovaniya olovyanogo orudneniya Tamching, Tsentral'nyy Vyetnam [Isotope geochronology of the Bana massif, age and conditions of formation of the Tam Ching tin mineralization, Central Vietnam], Moscow, GEOKHI publ., 2001, 136 p. (In Russ.)
 6. Chan Chong Khoa, Izokh A. E., Polyakov G. V., Borisenko A. S., An Chan Tuan, Balykin P. A., Fyong Ngo Tkhi, Rudnev S. N., Van Vu Van, Nyen Buy An. Permotriassovyy magmatizm i metallogeniya Severnogo Vyetnama v svyazi s Emeishanskim plyumom [Permian-Triassic magmatism and metallogeny of Northern Vietnam in relation to the Emeishan plume], *Geologiya i geofizika*, 2008, V. 48, No. 7, pp. 637–651. (In Russ.)
 7. Bui An Nien, Nguyen Viet Y, Tran Viet Anh, Tran Van Hieu, Pham Ngoc Can. Petro-chemical characteristics and U-Pb isotopic ages of mafic and ultramafic bodies from west margin of the Kon Tum geo-block. Extend. Abst. Volume of International Symposium “Large Igneous Provinces of Asia: Mantle plume and Metallogeny” LIPs, Hanoi 7-11-2013, Hanoi, 2013, pp. 130–133.
 8. Cromie P. W. Geological setting, geochemistry and genesis of the Sepon gold and copper deposits, Thesis, Laos, University Of Tasmania, 2010, DOI : <https://doi.org/10.25959/23211731.v1>
 9. Dang Van Can, Tran Xuan Van, Pham Hong Than, Pham Binh. Listvenitization and related mineralization at Song Ma zone – VietNam, Proceedings of the Southeast Asia Gold symposium Ho Chi Min City Vietnam, December 5-7, 1991, pp. 92–99.
 10. *Geology and Earth Resources of Vietnam*, Hanoi, Publishing House for Science and Technology, 2011, 646 p.
 11. *Geology and Georesources of Vietnam*. Explanatory book for the geological, georesources map of Vietnam and adjacent sea areas at 1:1,000,000 scale / Editor in chief Tran Van Tri, Hanoi, Youth Publishing House 2023, 349 p.
 12. Goryachev N. A., Tran Trong Hoa, Mai Trong Tu. Gold Metallogeny of Vietnam as a Part of the East

- Asia Gold Metallogeny, Geology and Metallogeny of Vietnam. Proceedings of International Symposium on the 35th anniversary of collaboration between the Institute of Geological Sciences, VAST and the Institute of Geology and Mineralogy SB-RAS, 28 March 2019 Hanoi, Hanoi, Publishing House for Science and Technology, 2019, pp. 15–35.
13. Jiang W., Yu J. H., Wang X., Griffin W. L., Pham T. H., Nguyen D. L., Wang F. Early Paleozoic magmatism in northern Kontum Massif, Central Vietnam: Insights into tectonic evolution of the eastern Indochina Block, *Lithos*, 2020, 105750, pp. 376–377.
14. Lan Ching-Ying, Sun-Lin Chung, Jason Jiun-San Shen, Ching-Hua Lo, Pei-Ling Wang, Tran Trong Hoa, Hoang Huu Thanh, Stanley A. Mertzman. Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of granitic rocks from northern Vietnam, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2000, 18, pp. 267–280.
15. Liu J. L., Tran M. D., Tang Y., Nguyen Q. L., Tran T. H., Wu W. B., Chen J. F., Zhang Z. C., Zhao Z. D., Permo-Triassic Granitoids in the Northern part of the Truong Son belt, NW Vietnam, *Geochronology, Geochemistry and tectonic implications. Gondwana Research*, 2012, 22, pp. 628–644.
16. Manaka T. A study of mineralogical, geochemical and geochronological characteristics and ore genesis in Phuoc Son gold deposit area, Central Vietnam, PhD Thesis, University of Tasmania (UTAS), Australia, 2014, 286 p.
17. Nguyen Thi Dung, Tran Tuan Anh, Pham Trung Hieu, Pham Minh, Le Xuan Truong, Nguyen Trung Minh, Doan Dinh Hung. Crustal evolution of Paleozoic-Mesozoic granitoid in Dakrong-A Luoi area, Truong Son belt, central Vietnam: evidence from zircon U-Pb geochronology, geochemistry, and Hf isotope composition, *International Geology Review*, 2024, V. 66, Is. 17.
18. Nguyen Van Tu, Nguyen Nghiem Minh. Some characteristics of geology and gold mineralization in Cmthuy – Thanh Hoa province, Proceedings of the Southeast Asia Gokg symposium Ho Chi Min City Vietnam, December 5–7, 1991, pp. 99–104.
19. Osanai Y., Nakano N., Owada M., Tran Ngoc Nam, Miyamoto T., Nguyen Thi Minh, Nguyen Van Nam, Tran Van Tri. Collision zone metamorphism in Vietnam and adjacent South-eastern Asia: Proposition for Trns Vietnam Orogenic Belt, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 2008, V. 103, pp. 226–241.
20. Pham Duc Luong, Dang My Cung, Pham Ngoc Dung, Bui The Anh, Cao Thi Thuy Binh, Le Dinh Cuong, Luu Van Thang, Bui Thanh Van, Phung Xuan Quan. 2015. Petrology of the Dong Trau volcanic formation in North Trung Bo, Vietnam, *Geology&Minerals*, 2015, V. 11.
21. Pham T. Hieu, Nong T. Q. Anh, Pham Minh, Nguyen T. B. Thuy. Geochemistry, zircon U–PB ages and HF isotopes of the Muong Luan granitoid pluton, Northwest Vietnam and its petrogenetic significance, *Island Arc*, 2019, pp. 1–15, DOI :<https://doi.org/10.1111/iar.12330>.
22. Pham Trung Hieu, ShuangQing L., Yang Yu, Ngo Xuan Thanh, Le Tien Dung, Vu Le Tu, Wolfgang Siebel, Fukun Chen.. Stages of late Paleozoic to early Mesozoic magmatism in the Song Ma belt, NW Vietnam: evidence from zircon U–Pb geochronology and Hf isotope composition. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 2017, DOI : 10.1007/s00531-016-1337-9.
23. Pham Trung Hieu, Yi-Zeng Yang, Do Quoc Binh, Thi Bich Thuy Nguyen, Le Tien Dung, Fukun Chen. Late Permian to Early Triassic crustal evolution of the Kontum massif, central Vietnam: zircon U–Pb ages and geochemical and Nd–Hf isotopic composition of the Hai Van granitoid complex, *International Geology Review*, 2015, DOI : 10.1080/00206814.2015.1031194.
24. Polyakov G. V., Nguyen Trong Yem. Permian – Triassic mafic-ultramafic complexes in Northern Vietnam, Vietnam, Publ. House Science&Technology, 1996, 172 p.
25. Shi M. F., Lin F. C., Fan W. Y., Deng Q., Cong F., Tran M. D., Zhu H. P., Wang, H., Zircon U-Pb ages and geochemistry of granitoids in the Truong Son Terrane, Vietnam: Tectonic and Metallogenic implications, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2015, V. 101, pp. 101–120.
26. Thanh T. V., Hieu P. T., Minh P., Nhuan D. V., Thuy, N. T. B. Late Permian-Triassic granitic rocks of Vietnam: the Muong Lat example, *International Geology Review*, 2019, V. 61, No. 15, pp. 1823–1841.
27. Thanh Xuan Ngo, Hau V. Bui, Dung M. Tran, Yoon-sup Kim, Li Xiaochun, Hai T. Tran, Sanghoon Kwon, Yirang Jang, Bui V. Sang, Luong Q. Khang. Ordovician continental arc magmatism in the Tam Ky-Phuoc Son Suture Zone, Central Indochina Block, Southeast Asia, *Geological Journal*, 2022, 1–12, DOI : 10.1002/gj.4626.
28. Thuy Thi Bich Nguyen, Pham Trung Hieu, Qian Xin, Bui The Anh, Nguyen Thi Xuan, Pham Minh, Ho Thi Thu. Zircon U-Pb Geochronology, Geochemistry, and Sr-Nd-Hf Isotopic Composition of Ben Giang-Que Son Complex in the Southern Truong Son Belt: Implications for Permian–Triassic Tectonic Evolution, *Minerals*, 2024, 14, 569, DOI : <https://doi.org/10.3390/min14060569>.
29. Tran Duc Luong, Nguyen Xuan Bao. Geological Map of Vietnam, scale 1:500.000, Hanoi, Vietnam General Department of Mining and Geology, 1989.
30. Tran Hai Thanh, Zaw Khin, Halpin Jacqueline A., Manaka Takayuki, Meffre Sebastien, Lai Chun-Kit, Lee Youjin, Le Hai Van, Dinh Sang. The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications, *Gondwana Research*, 2014, 26, pp. 144–164.
31. Tran T. A., Tran T. H., Pham-Ngoc C., Shellnutt J. G., Pham T. T., Izokh E. A., Pham Thi Phuong L., Petrology of the Permian-Triassic granitoids in Northwest Viet-

- nam and their relation to the amalgamation of the Indochina and Sino-Vietnam composite terranes: Vietnam, *Journal of Earth Sciences*, 2022, 44(3), pp. 343–368, DOI : <https://doi.org/10.15625/2615-9783/17002>.
32. *Tran Trọng Hòa, Bùi Ân Niên, Trần Tuấn Anh, Phạm Ngọc Cẩn, Phạm Thị Dung, Izokh A.E., Shelepaev R. A., Svetliskaya T. V.* Phu Loc and Ha Tam monzogabbro pluton during history of the Indosinian orogeny in South Truong Son, *Bel. Geology*, 2020, No. 371–372, pp. 49–67.
 33. *Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Pham Thi Dung, Tran Viet Anh, Izokh A. E., Borisenko A. S., Lan C.Y., Chung S. L., Lo C. H.* Permo-Triassic intermediate–felsic magmatism of the Truong Son belt, eastern margin of Indochina, *C. R. Geoscience*, 2008, 340, pp. 112–126.
 34. *Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Pham Ngoc Can, Izokh A. E., Goryachev N. A., Usuki T., Pham Thi Dung, Pham Thi Phuong Lien, Bui An Nien.* Proceedings of the conference on Basic Research in the field of Earth and Environment Sciences, Natural Science & Technology Publishing House, 2019, pp. 37–41.
 35. *Tri Van Tran, Michel Faure, Vuong Van Nguyen, Hoang Huy Bui, Michael Bryld Wessel Fyhn, Tuan Quang Nguyen, Claude Lepvrier, Tonny B. Thomsen, Kenichiro Tani, Punya Charusiri.* Neoproterozoic to Early Triassic tectono-stratigraphic evolution of Indochina and adjacent areas: A review with new data, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2020 – 91 – 104231.
 36. *Tuan Anh Nguyen, Xiaoyong Yang, Tuan Anh Tran, My Dung Tran, Thi Hien Vu, Zhuang Zhao.* Mineralogy and geochronology of pegmatites in Kontum Massif, Central Vietnam, implications for evolution of rare-metal mineralization, *Lithos*, 2024, 107747, pp. 1–15.
 37. *Vuong Bui Thi Sinh, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Ippei Kitano, Tatsuro Adachi, Anh Tran Tuan, Binh Pham.* Petrology and zircon U Pb geochronology of pelitic gneisses and granitoids from the Dai Loc Complex in the Truong Son Belt, Vietnam: Implication for the Silurian magmatic-metamorphic event, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2022, 226, 105070.
 38. *Xuan Thanh Ngo, Nguyen Quoc Hung, Yoonsup Kim, Sanghoon Kwon, Vinh Hau Bui, Thanh Hai Tran, Yirang Jang, Vinod O. Samuel Vinod O. Samuel.* Cambrian–Ordovician Arc-Related Magmatism in the Central Southeast Asian Continents and Its Significance on Early Palaeozoic Tectonics of the Indochina Block, *Geological Journal*, 2025, 60, pp. 776–791, DOI : <https://doi.org/10.1002/gj.5102>

Статья поступила в редакцию 27.06.25; одобрена после рецензирования 15.07.25; принята к публикации 15.07.25.
The article was submitted 27.06.25; approved after reviewing 15.07.25; accepted for publication 15.07.25.