

14. Некрасов, Г.Е. Тектоника и магматизм Тайгоноса и Северо-Западной Камчатки / Г.Е. Некрасов // Тр. ГИН. — М.: Наука, 1976. — Вып. 280. — 159 с.
15. Оксман, В.С. Офиолитовые пояса арктических регионов верхояно-чукотской орогенной области: геодинамическая модель формирования / В.С. Оксман, А.В. Ганелин, С.Д. Соколов и др. // Тихоокеанская геология. — 2003. — Т. 22. — № 6. — С. 62–75.
16. Разницын, Ю.Н. Офиолитовые аллохтоны и сопредельные глубоководные впадины на западе Тихого океана / Ю.Н. Разницын. — М.: Наука, 1982. — Вып. 371. — 108 с.
17. Савельева, Г.Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре / Г.Н. Савельева. — М.: Наука, 1987. — 245 с.
18. Соколов, С.Д. Тектоника Южно-Анхойской сугуры (Северо-Восток Азии) / С.Д. Соколов, М.И. Тучкова, А.В. Ганелин и др. // Геотектоника. — 2015. — № 1. — С. 5–30.
19. Симонов, В.А. Петрогенезис офиолитов: Термобарогеохимические исследования / В.А. Симонов. — Новосибирск, 1993. — 247 с.
20. Твердая кора океанов (проект «Литос»). — М.: Наука, 1987. — 189 с.

© Кременецкий А.А., Спиридонов И.Г., Граменицкая П.Н., 2021

Кременецкий Александр Александрович // nauka@imgre.ru  
Спиридонов Игорь Геннадьевич // imgre@imgre.ru  
Граменицкая Полина Николаевна // polina-gramenitskaya@mail.ru

УДК 551.251.551.161.550.38

До М.Ф.<sup>1,2</sup>, Игнатов П.А.<sup>1</sup>, Фан Т.Х.<sup>1</sup>, Нгуен З.Х.<sup>1</sup>,  
Чан В.Т.<sup>1</sup> (1 — МГРИ-РГГРУ, 2 — Геофизическое  
отделение Главного управления геологии и полезных  
ископаемых Вьетнама, г. Ханой)

#### СТРУКТУРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ Cu-U-Au МИНЕРАЛИЗАЦИЮ В РАЙОНЕ КОН РА ПРОВИН- ЦИИ КОНТУМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЬЕТНАМА

В статье рассмотрено геологическое строение и история развития площади Кон Ра, провинции Контум, Центрального Вьетнама, в которой имеется Au-U-Cu рудная минерализация. По данным геологического картирования и интерпретации аэромагнитной съемки на площади выделены два крупных тектонических блока, в одном из которых локализовано рудопроявление. Блоки сложены комплексами метаморфических пород протерозоя-кембрия и отличаются составом и строением вулканогенно-осадочно-метаморфических пород, и различным соотношением силурийских и триасовых гранитоидов. Обоснованы докембрийский, раннепалеозойский и мезозой-кайнозойский этапы тектономагматических проявлений с преобладанием пластических дислокаций в позднем докембрии и раннем палеозое и хрупких в мезозое-кайнозое. По данным геокартирования, анализа градиентов магнитного поля и построения геоплотностной 3D модели по пересчету магнитометрии выделены основные разломы. Участок с Cu-U-Au минерализацией находится в породах протерозой-кембрийского комплекса Хамдык в зоне экзоскарнов триасовых гранитов интрузива Хайван. Вмещающие минерализацию породы испытали как минимум три фазы региональной деформации. В первую фазу в докембрии и раннем палеозое про-

изошло образование сложных складок разного порядка. Во вторую фазу в силуре формировались гранито-гнейсы комплекса Чулай и было подновление древних структур. Во время третьей фазы в триасе-кайнозое преобладали хрупкие деформации преимущественно в виде взбросов и сдвигов. Рудоносные зоны с Cu-U-Au минерализацией имеют линзовидную форму и приурочены к флексунообразному изгибу типа pull apart зоны сдвига северо-восточного простирания. **Ключевые слова:** Cu, U, Au, рудопроявление, фаза деформации, магнитное поле, разлом, тектонический блок, Кон Ра.

Do M.P.<sup>1,2</sup>, Ignatov P.A.<sup>1</sup>, Phan T.H.<sup>1</sup>, Nguyen D.H.<sup>1</sup>, Tran V.T.<sup>1</sup>  
(1 — MGRI-RGGRU, 2 — Geophysical Division, General  
Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi

#### STRUCTURES CONTROLLING Cu-U-Au MINERALIZATION IN KON RA AREA, KONTUM PROVINCE, CENTRAL VIETNAM

The article discusses the geological structure and history of the development of the Kon Ra area, Kontum province, Central Vietnam, which has Au-U-Cu ore mineralization. Based on the data of geological mapping and interpretation of aeromagnetic surveys, two large tectonic blocks have been identified in the area, in one of which ore occurrence is localized. The blocks are composed of complexes of metamorphic rocks of the Proterozoic-Cambrian and differ in the composition and structure of volcanic-sedimentary-metamorphic rocks and different ratios of Silurian and Triassic granitoids. The Precambrian, Early Paleozoic and Mesozoic-Cenozoic stages of tectonic-magmatic manifestations with a predominance of plastic dislocations in the Late Precambrian and Early Paleozoic and brittle ones in the Mesozoic-Cenozoic have been substantiated. Based on the data of geo-mapping, analysis of magnetic field gradients and construction of a geo-field 3D model based on the recalculation of magnetometry, the main faults are identified. The site with Cu-U-Au mineralization is located in the rocks of the Proterozoic-Cambrian complex Khamduc in the exoscar zone of Triassic granites of the Hai van intrusion. The host rocks underwent at least three phases of regional deformation. In the first phase, in the Precambrian and Early Paleozoic, complex folds of various orders were formed. In the second phase, the granite-genis of the Chulai complex were formed in the Silurian, and there was a renewal of ancient structures. During the third phase, brittle deformations predominated in the Triassic — Cenozoic, mainly in the form of reverse faults and strike-slip faults. Ore-bearing zones with Cu-U-Au mineralization have a lenticular shape and are confined to a flexure-like bend of the pull apart type of a northeastern strike-slip shear zone. **Keywords:** Cu, U, Au, ore occurrence, deformation phase, magnetic field, fault, tectonic block, Kon Ra.

#### Фактические данные и методы исследования

Для изучения геологических структур рассматриваемой площади использованы геологические карты масштаба 1:50 000, карты наблюдаемого магнитного поля и его трансформаций масштаба 1:50 000, полученного при аэромагнитной съемке. Проведено вы-

деление разломов по анализу градиентов магнитного поля и 3D моделирования псевдогравитационного поля. По результатам документации керн, данным каротажа скважин глубиной от 70 до 300 м с учетом магнитометрии построены геологические разрезы. Изучена серия обнажений, штуфов, аншлифов и шлифов. Используются результаты атомно-абсорбционных анализов 47 проб рудных образцов. Анализ материалов проведен в геоинформационной среде QGIS.

#### *Основные черты геологического строения площади*

Площадь рудопроявления Cu-U-Au Кон Ра имеет сложное строение (рис. 1 А, Б). Наиболее распространены породы протерозой-кембрийского комплекса Хамдык (PR-Єkd), которые также слагают небольшие ксенолиты в гранитоидах раннетриасового комплекса Хайван. Они существенно дислоцированы с преобладающим простиранием осевых поверхностей складок на северо-восток и субмеридионально, в меньшей мере, на северо-запад. В комплексе Хамдык выделено 9 ассоциаций: метаультрамафиты (uPR-Єkd); метагаббро (grPR-Є kd); амфиболиты (aPR-Єkd); метаплагиограниты (pPR-Єkd); метакarbonатные породы (caPR-Єkd); амфиболовые гнейсы (gaPR-Єkd); биотитовые гнейсы (gbPR-Єkd); антофиллит-кордиеритовая (acPR-Єkd); кристаллических сланцев (fPR-Єkd).

Породы силурийского комплекса гранитоидов Чулай ( $\gamma$ Scl) обнажаются на поверхности в виде линз, сложенных гранито-гнейсами. Гранитоиды комплекса Чулай наиболее распространены на западе и меньше на востоке площади. Они залегают согласно с метаморфическими породами комплекса Хамдык и, вероятно, представляют собой ядра гранитизации куполовидно-валообразных структур.

Породы триасового комплекса гранитов Хайван ( $\gamma$ T<sub>1-2</sub>hv) обрамляют метаморфические породы комплекса Хамдык и встречаются внутри него в виде разных по площади массивов. Выделяются две фазы гранитов и поздние эоценовые диабазовые дайки комплекса Кумонг (ЄCm). В пределах Кон Ра породы комплекса Хайван обнажаются на поверхности небольшими блоками и вскрыты скважинами до глубины 300 м, что указывает на относительно не глубокий эрозионный срез гранитных массивов [1–4, 10, 12].

Метаморфические породы комплекса Хамдык наиболее распространены на площади. Изотопный возраст циркона из амфиболового гнейса по U-Pb методу оказался  $848 \pm 16$  млн лет с ордовикским возрастом метаморфизма  $458,5 \pm 8,8$  млн лет (образец КР.880) [3, 10, 12].

Гранитоидные интрузивные массы Чулай распространены в основном в западном блоке площади исследований. Результаты анализа изотопного возраста циркона КР.1273 из образца двуслюдяного гранито-гнейса комплекса Чулай по U-Pb методу показали 432 млн лет, что, учитывая его геологическую позицию, позволило считать его силурийским [3, 10, 11]. Вероятно, в силуре произошло частичное переплавление метаморфических пород комплекса Хамдык. Этот процесс соответствовал высокотемпературной амфи-

болитовой фазии метаморфизма [10, 11]. В приконтактовой части массива распространены биотитовые, амфибол-пироксеновые, пироксеновые и биотит-гранат-силиманитовые гнейсы, плагиогнейсы, биотит-гранат-силиманитовые амфиболиты. Имеют место и относительно низкотемпературные породы эпидот-амфиболовой фазии [10, 11]. Вдали от интрузивного массива распространены двуслюдяные кварцевые, мусковитовые и биотитовые кварцевые сланцы. Похожие гранито-гнейсы известны на крайнем северо-западе Восточного блока, но они занимают на порядок меньшую площадь.

Породы комплекса Хамдык прорваны дайками протерозойских ультрабазитов, триасовыми гранитоидами комплекса Хайван ( $\gamma$ T<sub>1-2</sub>hv), 235 млн лет, юрскими дайками кислого состава, датированными U-Pb методом ( $163,981 \pm 1,9$  млн лет, образец КР.LK2/33) и эоценовыми диабазами комплекса Кумонг (ЄCm).

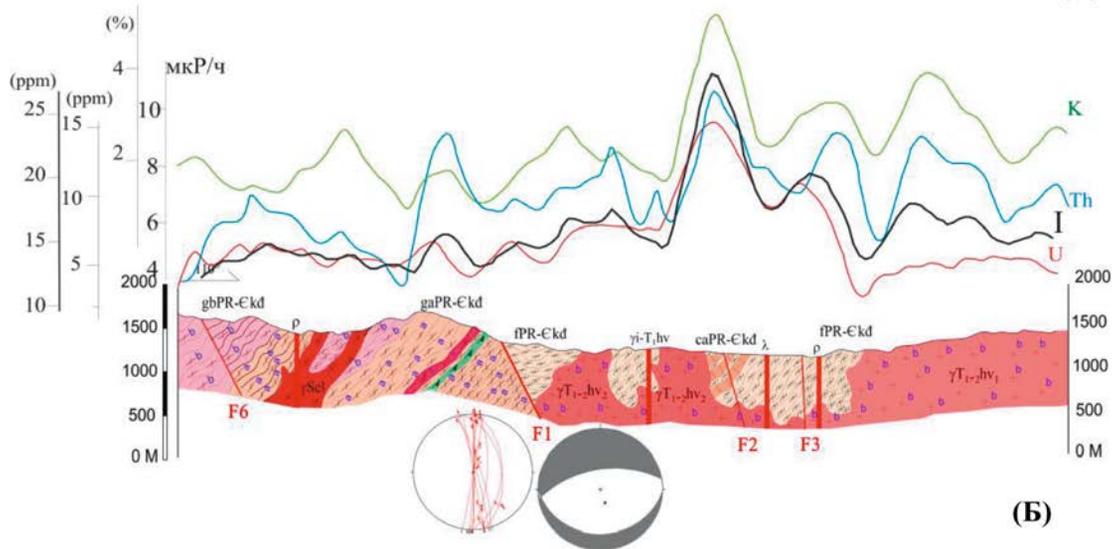
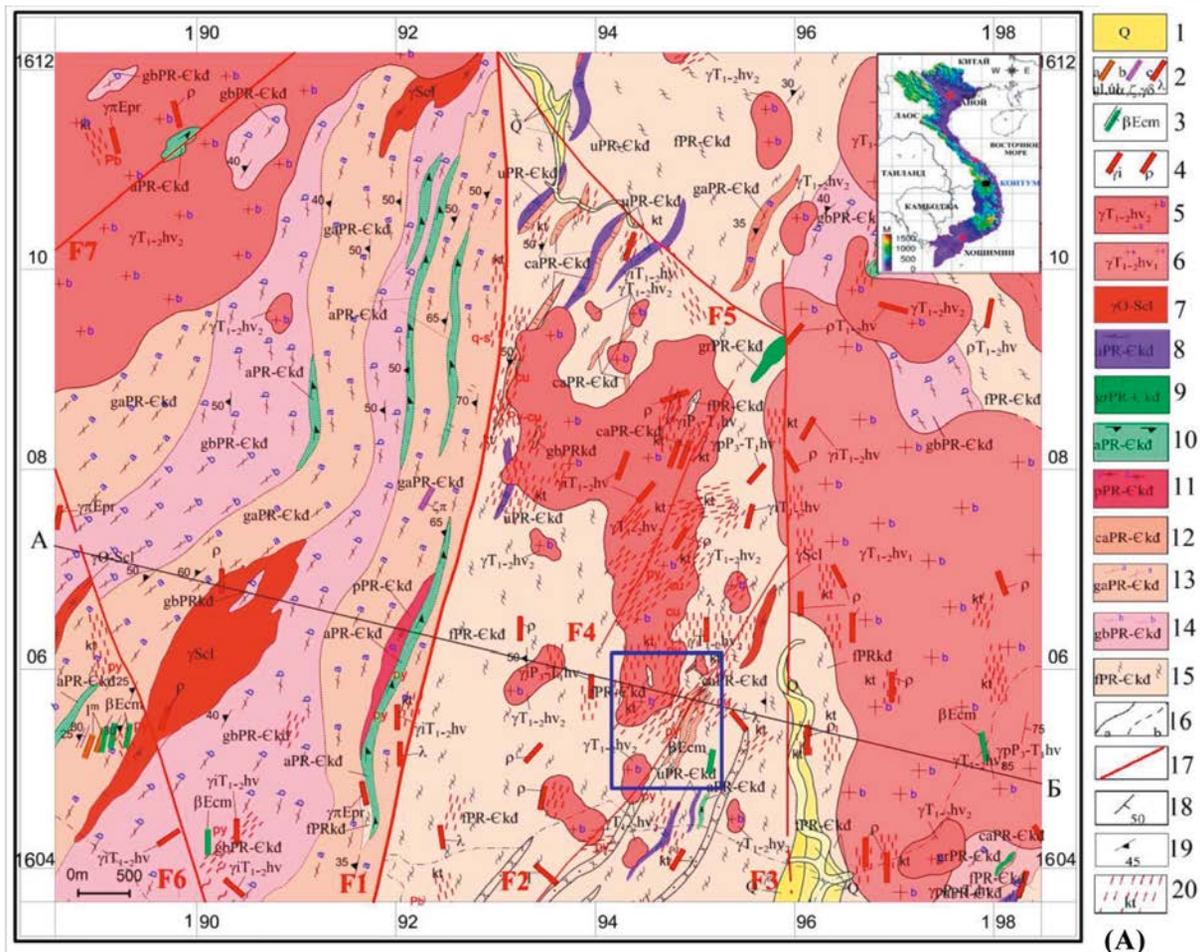
Граниты второй фазы комплекса Хайван пересекают ранние граниты, что установлено на участке Дакне. Из этих двуслюдяных среднезернистых гранитов на площади рудопроявления Кон Ра отобраны образцы из обнажения КР.719 и керн, взятого с глубины 204–205 м из скважины КР.LK4/59. По U-Pb методу по циркону определены изотопные возраста  $253,1 \pm 2,9$  и  $235 \pm 3,1$  млн лет. Полученные данные по изотопному возрасту и геологической позиции комплекса Хайван позволяют считать его ранне-средне триасовым [3, 10, 12].

По геолого-геофизическим данным в перспективной рудной площади Кон Ра Центрального Вьетнама выделено два тектонических блока, сложенных комплексами метаморфических пород протерозоя-кембрия, гранито-гнейсами силура и интрузиями триасовых гранитов. Они отличаются составом и строением вулканогенно-осадочно-метаморфических пород. Это хорошо видно на геологической карте и на карте градиентов аномального магнитного поля (рис. 1А и 2). В западном блоке (З) преобладают значения градиента от 0,15 до 0,55 нТл/м, в Восточном блоке (В) преобладают значения от 0,05 до 0,35 нТл/м.

Западный блок характеризуется протерозой-кембрийскими метаморфическими породами с присутствием биотитовых гнейсов, амфиболитов и метаплагиогранитов. В восточном блоке древние метаморфические породы включают биотитовые гнейсы, ультраосновные породы, сланцы, метакarbonатные породы и метагаббро. Соотношение пород восточного и западного блоков приведено в табл. 1.

Два выделенных блока отличаются и по магнитометрическим данным, что отчетливо видно по карте градиентов (рис. 2). По линиям максимальных линейных градиентов подтверждены разломы, которые установлены по данным геологического картирования.

Для анализа геологического строения площади полезную информацию дает геоплотностное моделирование, выполненное по пересчету магнитометрии. Имеющиеся петрофизические данные позволили преобразовать магнитное поле и построить трехмерную



**Рис. 1.** Геологическая карта площади Кон Ра масштаба 1:50 000 (А) (по Чан Д, [10]); геолого- геофизический профиль по линии А-Б (Б): 1 — голоцен-плейстоцен (Q): речные отложения; 2 — гидротермальные жилы разного состава; 3 — эоценовые диабазы комплекса Кумонг ( $\beta\text{Ecm}$ ); 4–6 — триасовый комплекс Хайван: 4 — гранит-аплиты и пегматиты ранней фазы ( $\gamma_1\text{-pT}_{1-2}\text{hv}$ ); 5 — биотитовые и двуслюдяные граниты второй фазы ( $\gamma\text{T}_{1-2}\text{hv}_2$ ); 6 — биотитовые граниты первой фазы ( $\gamma\text{T}_{1-2}\text{hv}_1$ ); 7 — силурийский комплекс Чулай ( $\gamma\text{Scl}$ ): гранитогнейсы, двуслюдяные гранитогнейсы; 8–15 — протерозойский комплекс Хамдык (PR-Єkd): 8 — метаультрамафиты (uPR-Єkd): дуниты, перидотиты, пироксениты; 9 — метагаббро (grPR-Єkd); 10 — амфиболиты (aPR-Єkd); 11 — метаплагиограниты, плагиогранитогнейсы, гранодиоритогнейсы, гранодиоритогнейсы (pPR-Єkd); 12 — метакarbonатные и метаскарновые породы (caPR-Єkd): мраморы, оливиновые и диопсидовые кальцитиферы, диопсидиты, диопсидовые гнейсы, кварц-диопсидовые сланцы, пироксеновые скарны; 13 — амфибол-гнейсовая ассоциация (gaPR-Єkd): амфиболовые, амфибол-биотитовые, амфибол-пироксеновые и пироксеновые гнейсы; 14 — биотитовые гнейсы, биотит-плагиогнейсы, биотит-гранит-плагиогнейсы (gbPRkd); 15 — кварц-слюдяные, кварц-мусковитовые и биотитовые сланцы, слюдисто-гранат-силлиманит-андалузит-кордиеритовые породы (fPR-Єkd); 16 — геологические границы; 17 — разломы; 18 — элементы залегания сланцев и амфиболитов; 19 — элементы залегания гнейсов; 20 — зоны катаклаза (kt)

**Таблица 1**  
**Соотношение протерозойских пород в западном (З) восточном (В) блоках на площади Кон Ра**

№	Породы	З	В	Породы	З	В
1	Дуниты	-	+	Диопсидовые мраморы	-	+
2	Перидотиты	-	+	Диопсидовые гнейсы	-	+
3	Пироксениты	-	+	Кварц-диопсидовые сланцы	-	+
4	Горнблендиты	-	+	Пироксеновые скарны	-	+
5	Габбро	-	+	Амфиболовые гнейсы	+	+
6	Габбро-амфиболиты	-	+	Амфибол-биотитовые гнейсы	+	-
7	Амфиболиты	+	+	Диоритовые гнейсы	+	-
8	Плагиигранитогаейсы	+	+	Биотитовые гнейсы	+	+
9	Гранодиоритогаейсы	+	-	Биотит-плагиигнейсы	+	+
10	Диоритогаейсы	+	-	Кварц-слюдяные сланцы	-	+
11	Мраморы	-	+	Кварц-мусковитовые сланцы	-	+
12	Оливиновые мраморы	-	+	Кварцит	-	+

модель распределения масс различных массивов, разделенных разломами. Фрагмент этой модели в виде блок-диаграммы и профиля приведен на рис. 3.

В основу моделирования положены следующие характеристики. Метаморфические породы комплекса Хамдык имеют плотность от 2,65 г/см<sup>3</sup> до 2,77 г/см<sup>3</sup>. Плотность гранитов комплекса Чулай колеблется в пределах 2,65–2,86 г/см<sup>3</sup>. Плотность гранитов комплекса Хайван, включающих дайки диабазов, пегматитов и риолитов, колеблется в пределах 2,77–2,87 г/см<sup>3</sup>. Согласно данным каротажа и замерам магнитных свойств плотность скарнов составляет 2,66–2,70 г/см<sup>3</sup>.

Важным следствием построения трехмерной плотностной модели надо считать визуализацию различных разломов, разделяющих разные по составу тектонические блоки.

Имеющиеся данные по геологическому строению рассматриваемой территории, возрасту метаморфических и магматических пород, их соотношений с разломами позволяют выделить три этапа региональных тектонических движений: раннепалеозойский с преобладанием вязкопластических деформаций, силурийский частичного анатектического плавления метаморфических пород комплекса Хамдык и позднетриасовый, когда превалировали хрупкие нарушения.

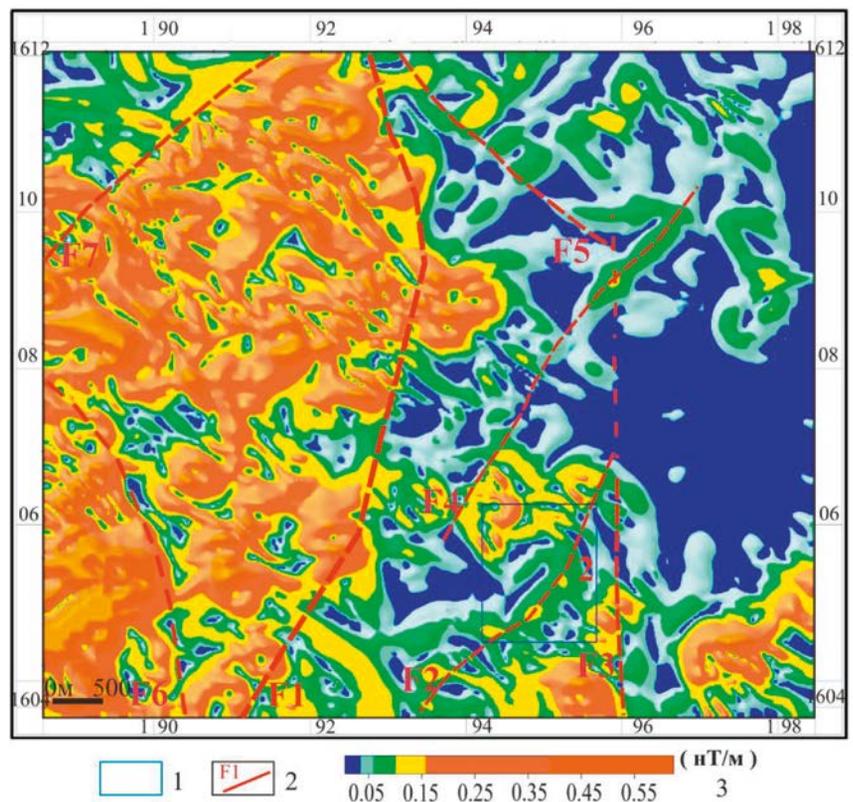
В раннем этапе, вероятно, формировались линейные складки разного порядка с крутопадающими осевыми поверхностями меридионального, в меньшей мере, юго-восточного про-

стирания. Они согласуются с простиранием маломощных даек протерозойских ультрабазитов. Состав пород комплекса Хамдык до и после метаморфизма представлен в табл. 2.

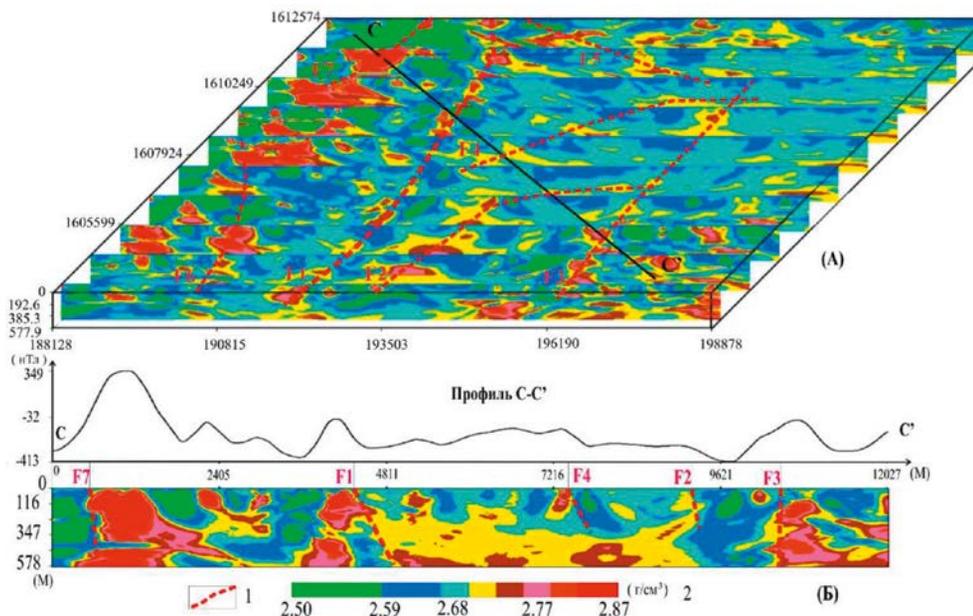
Во время второго этапа в силуре формировались валлообразные гранитогаейсовые купола. На позднем этапе после внедрения гранитов и формирования скарнов преимущественно развивались взбросы и сдвиги. Эти нарушения представлены тектоническими брекчиями, зонами катаклаза повышенной трещиноватости, в том числе и микросмещений, ха-

рактерных для взбросо-сдвиговых дислокаций. Примеры проявлений ранних складчатых и поздних разрывных деформаций приведены на рис. 4. Основные этапы развития площади отражены на рис. 5.

Данные геологического картирования, результаты выполненного градиентного анализа аэромагнитных



**Рис. 2.** Карта полного градиента аномального магнитного поля и положение основных разломов, построенная по результатам интерпретации магнитного поля на площади Кон Ра, провинции Кон Тум Центрального Вьетнама масштаба 1: 50 000: 1 — контур площади рудопроявления Кон Ра; 2 — разломы; 3 — значение плотности (г/см<sup>3</sup>)



**Рис. 3. А** — Трехмерная модель плотности пород, полученная пересчетом данных магнитометрии методом Б.А. Андреева [5–9], **Б** — профиль распределения расчетной плотности пород по линии С-С: 1 — разломы; 2 — значения расчетной плотности (г/см<sup>3</sup>)

данных и 3D геоплотностного моделирования позволили выделить и проследить на площади Кон Ра семь зон основных разломов F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 (рис. 1, 2). Все они моложе триасовых гранитов и относятся к поздней фазе хрупких деформаций.

Разлом F1, вероятно, является правосторонним взбросо-сдвигом и прослежен в субмеридиональном направлении. Он разделяет территорию на отмеченные выше восточный (В) и западный (З) блоки. Согласно 3D модели аномального магнитного поля этот разлом падает на восток под углами 60°–70° (рис. 3), он прослежен до глубины 600 м. В опущенном крыле этого разлома распространены триасовые граниты, в поднятом восточном блоке — осадочно-метаморфические породы протерозоя-кембрия. Разлом характеризуется максимальными значениями градиента от 0,15 до 0,45 нТл/м. В его осевой части как граниты, так и метаморфические породы интенсивно катаклазированы. Обработка замеров тектонических трещин в зоне этого разлома показала, что в нем действовало локальное поле напряжений с горизонтальными составляющими растяжения  $\sigma_1 354 \angle 18$ , сжатия  $\sigma_3 262 \angle 04$  и вертикальной составляющей  $160 \angle 72$ . Расчетное отношение напряжений невелико, R: 0,3133, показывает смещение при одновременном сжатии. Тектонический режим близок к переходу между взбросом и сдвигом [10].

Разлом F2 следует считать правым взбросо-сдвигом. Он находится в южной части площади и имеет северо-восточное простирание. Разлом прослежен более чем на 5 км с углами падения 70–80°. Он пересекает и смещает комплексы метаморфических пород Хамдык и породы второй фазы гранита Хайван (рис. 1А, 4Б, Г). По интерпретации магнитного поля разлом характеризуется максимальным диапазоном значений градиента от 0,1 до 0,2 нТл/м. Согласно 3D модели он постепен-

но выволаживается на юго-запад. В западном от него блоке плотность метаморфических пород комплекса Хамдык оценивается в 2,7–2,75 г/см<sup>3</sup>. Восточный блок сложен слабо метаморфизованными осадочными породами с плотностью от 2,5–2,65 г/см<sup>3</sup>. Разлом прослежен до глубины 400 м.

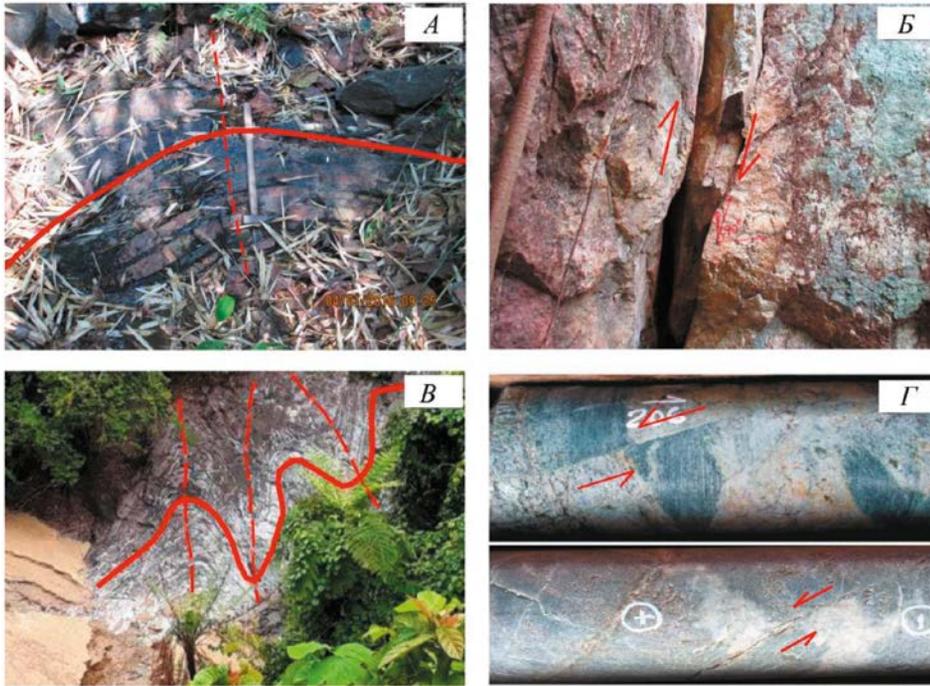
В месте пересечения разломом F2 скарнов и метакarbonатных пород намечается плавный изгиб простирания разлома. Именно на этом участке локализованы рудоносные тела с U-Au-Cu минерализацией. Данный участок разлома F2 можно рассматривать в качестве локального растяжения типа pull apart zone (рис. 6А).

Разлом F3 следует считать взбросом. Он пересекает и смещает комплексы метаморфических пород Хамдык и породы первой фазы гранита Хайван. Он имеет меридиональное простирание с почти вертикальным падением, установленным по 3D моделированию и выделяется по линейному градиенту 0,1–0,15 нТл/м (рис. 2). Относительно слабая контрастность его проявления в магнитном поле обусловлена тем, что эта зона перекрыта мощной толщей аллювиальных отложений р. Дак А Кой. В западном поднятом блоке плотность метаморфических пород комплекса Хамдык оценивается от 2,59 до 2,7 г/см<sup>3</sup>, в восточном — граниты комплекса Хайван — от 2,77 до 2,87 г/см<sup>3</sup> (рис. 3). Разлом прослежен до 600 м.

Разлом F4 рассматривается как левосторонний сбросо-сдвиг. Он закартирован в юго-восточном направлении на 5 км с падением на северо-запад с

**Таблица 2**  
**Состав породы комплекса Хамдык до и после метаморфизма [3, 10]**

До метаморфизма	После метаморфизма
Дуниты, перидотиты	Метаультрамафиты
Габбро	Метагаббро
Базальты	Амфиболиты
Граувакки	Биотитовые гнейсы
Плагииграниты	Метаплагииграниты
Диориты, андезиты	Амфиболитовые гнейсы
Граувакки богатые Mg	Антофиллит-кордиеритовые гнейсы
Аргиллиты	Кристаллические сланцы
Известняки, доломиты	Мраморы



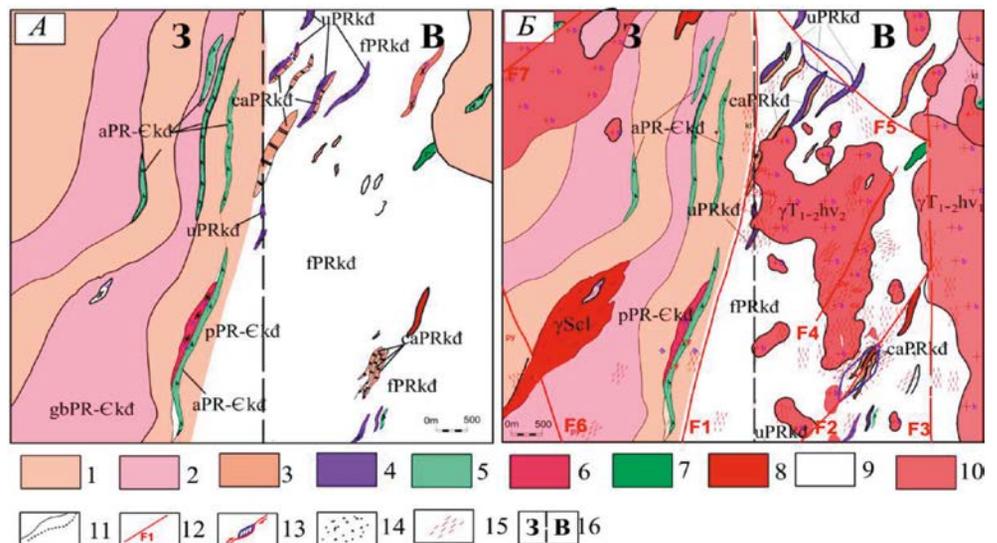
**Рис. 4. Примеры складчатых и разрывных деформаций на площади Кон Ра:** А — мелкая антиклиналь кристаллических сланцев с крутопадающей осевой поверхностью, обнажение VL-12, отнесена к ранней фазе деформации; Б — микровзброс в разломе F2 в гнейсах комплекса Хамдык, отражает хрупкие деформации поздней фазы; В — мелкая складка амфиболитов с крутопадающей осевой поверхностью, обнажение VL-2; Г — микровзбросо-сброс в зоне разлома F2, керн скважины KR.LK3

углами  $65-70^\circ$ . Он смещает древние метаморфические породы и триасовые граниты и характеризуется значением градиента от 0,1 до 0,17 нТл/м. Согласно 3D моделированию разлом разделяет опущенный северо-западный блок, сложенный метаморфическими породами с плотностью 2,63–2,68 г/см<sup>3</sup>, и поднятый северо-восточный блок, представленный гранитами комплекса Хайван с плотностью 2,75–2,8 г/см<sup>3</sup>. Разлом прослежен до глубины 400 м.

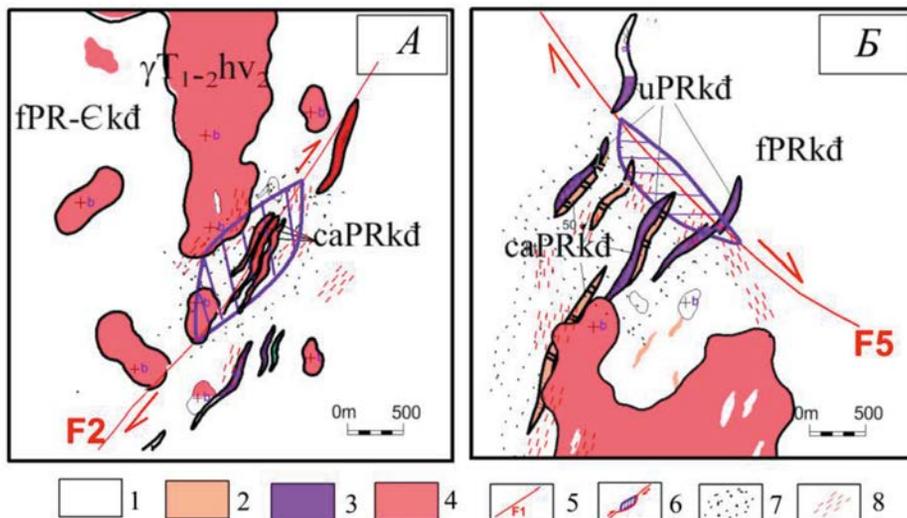
Разлом F5 рассматривается как правосторонний взбросо-сдвиг. Он вытягивается на северо-восток более чем на 3 км с углами падения  $65-70^\circ$ . Разлом смещает сланцы, ультраосновные и метакarbonатные образования и характеризуется значением градиента от 0,05 до 0,17 нТл/м (рис. 2). В этом нарушении намечается зона локального растяжения типа pull apart, распространенная в метакarbonатных породах. Она

представляет перспективной на обнаружение медного и сопутствующего уранового и золотого оруденения (рис. 6А). Разлом F6 также считается правосторонним взбросо-сдвигом, простирающимся на юго-запад на более 5 км с углами падения  $60-70^\circ$ . Разлом пересекает граниты комплекса Чулай и древние метаморфические породы комплекса Хамдык. Он смещает амфиболитовые и биотитовые гнейсы и гранитный блок Чулай с большой амплитудой смещения (рис. 1А). Согласно данным интерпретации магнитного поля, разлом характеризуется значениями градиента от 0,15 до 0,35 нТл/м (рис. 2, 1Б). Глубина развития разлома до 400 м.

Разлом F7 рассматривается как правосторонний взбросо-сдвиг, простирающийся на северо-запад на более 3 км с углами падения  $70-80^\circ$  к юго-западу. Разлом пересекает и смещает граниты второй фазы комплекса Хайван и тела амфиболитов комплекса Хамдык (рис. 1А). Согласно интерпретации магнитного поля, характерное значение градиента составляет от 0,15 до 0,45 нТл/м. Как видно на 3D модели (рис. 3),



**Рис. 5. Схемы площади Кон Ра, отражающие этапы региональных деформаций:** А — раннепалеозойского пластических деформаций; Б — триасового хрупких деформаций: 1 — амфиболитовые гнейсы; 2 — биотитовые гнейсы; 3 — метакarbonаты; 4 — метакarbonаты; 5 — амфиболиты; 6 — плагиогранито-гнейсы; 7 — метагаббро; 8 — гранито-гнейсы Чулай ( $\gamma\text{Scl}$ ); 9 — кристаллические сланцы; 10 — граниты Хайван; 11 — геологические границы; 12 — разломы; 13 — зоны pull apart; 14 — скарны; 15 — зоны катаклаза; 16 — граница блоков



**Рис. 6. Детальные схемы предполагаемых присдвиговых pull apart зон: А — площадь рудопроявления Кон Ра, Б — перспективная на оруденение площадь в зоне разлома F 5. Условные обозначения см. на рис. 5**

разлом разделяет два мелких блока. Нижний западный блок имеет плотность от 2,50 до 2,59 г/см<sup>3</sup>, поднятый восточный блок имеет плотность от 2,68 до 2,86 г/см<sup>3</sup>. Разлом прослежен до глубины 400 м.

#### Выводы

Из приведенных выше исследований можно сделать следующие выводы:

1. В перспективной рудной площади Кон Ра Центрального Вьетнама выделено два тектонических блока, сложенных комплексами метаморфических пород протерозоя-кембрия и интрузиями триасовых гранитов, которые отличаются составом и строением вулканогенно-осадочно-метаморфических пород. Потенциальное месторождение с Cu-U-Au минерализацией расположено в блоке, включающем метакarbonатные породы, нарушенном триасовыми разломами и включающим скарны.

2. Рудомещающие образования испытали региональные деформации трех этапов. В докембрии и раннем палеозое произошло интенсивное сжатие и сформировались сложные складки разных порядков. Во втором этапе (силуре-S) происходило в основном частичное переплавление (анатексис) метаморфических пород комплекса Хамдык. В третьем этапе триасе-кайнозое (Т-KZ) произошли хрупкие деформации в зонах взбросов и сдвигов и, вероятно, сформировалась рудная минерализация.

3. Локальные зоны pull apart правосторонних сдвигов, наложенных на сложные участки экзоскарнов триасовых гранитов Хайван представляются рудолокализирующими U-Au-Cu оруденение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Главное управление геологии и минералов Вьетнама. Геология и минеральные ресурсы листа Дакто (D-49-XII). Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1: 200 000), Ханой, 1998. — 115 с.
2. До, М.Ф. Сборник тезисов докладов I Молодежной конференции ЦНИГРИ / М.Ф. До, З.Х. Нгуен. — М., 2020. — С. 82—85.

3. До, М.Ф. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка / М.Ф. До, П.А. Игнатов, Т.Х. Фан, З.Х. Нгуен, Д. Чан, 2020. — 63(2). — С. 73—85 <https://geology.mgri.rggru.ru/jour/article/view/623>.

4. До, М.Ф. Тезисы докладов II Молодежной конференции ЦНИГРИ / М.Ф. До, П.А. Игнатов, Т.Х. Фан. — М., 2021. — С. 37—42.

5. Никитин, А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации. Учебное пособие / А.А. Никитин, А.В. Петров. — М., 2017. — 127 с.

6. Никитин, А.А. Комплексный анализ и комплексная интерпретация геофизических полей. Учебное пособие / А.А. Никитин, А.А. Булычев. — М., 2015. — 88 с.

7. Петров, А.В. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3Д» / А.В. Петров, Д.Б. Юдин, Хоу Соели // Вестник краунц. Науки о Земле. — 2010. — № 2. — С. 126—132.

8. Фан, Т.Х. IX Международная научная конференция молодых ученых: Молодые — Научкам о Земле. Москва, 23 октября 2020 г. / Т.Х. Фан, А.В. Петров, М.Ф. До. — М., 2020. — Т. 4. — С. 293—296.

9. Фан, Т.Х. Тезисы докладов II Молодежной конференции ЦНИГРИ / Т.Х. Фан, А.В. Петров, М.Ф. До. — М., 2021. — С. 123—127.

10. Чан, Д. Отчет об оценке минеральных ресурсов меди в районе Кон Ра / Д. Чан. Фонды Вьетнамского Министерства природных ресурсов и экологии. — Ханой, 2019. — 109. с.

11. Dinh, Quang Sang. Petrographic characteristics and zircon UPb geochronology of granitogneiss rocks in the Chu Lai — Kham Duc area (Quang Nam province) / Sang Dinh Quang. Science & technology Development Journal: Natural Science, Vol 1, issue 6, 2017. С. 258—272.

12. Hai, Thanh Tran. The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications / Tran Hai Thanh, Zaw Khin, J.A. Halpin, Manaka Takayuki, S. Meffre, Lai Chun-Kit, Lee Youjin, Le Hai Van, Dinh Sang // Gondwana Research. — 2014. — № 26. — С. 144—164.

© Коллектив авторов, 2021

До Минь Фьонг\* // dominhphuong.dkt@gmail.com

Игнатов Петр Алексеевич // ignatovpa@mgri.ru

Фан Тхи Хонг // phanthihong@humg.edu.vn

Нгуен Зуи Хынг // nguyenduyhung@humg.edu.vn

Чан Ван Тиен // tiendcb@gmail.com

УДК 553. 550.8.11

**Оникиенко Л.Д., Верчеба А.А., Соколов С.А.**  
(МГРИ-РГГРУ)

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКОГО ЗОЛОТОСУЛЬФИДНО-КРЕМНИСТОГО ОРУДЕНЕНИЯ СТАРООСКОЛЬСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

*В статье рассмотрены докембрийские формации железистых кварцитов, которые содержат более 60 % мировых запасов и ресурсов железной руды и широко проявлены на всех континентах в пределах зеленокаменных поясов. Не-*