

УДК 551.550.83.84.

До М.Ф.^{1,2}, Фан Т.Х.¹, Игнатов П.А.¹ (1 — МГРИ-РГГРУ, 2 — Геофизическое отделение Главного управления геологии и полезных ископаемых Вьетнама 1, Чинтанг, Ванкуан, Хадонг, г. Ханой 100000, Вьетнам)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТО-МЕДНОЙ И УРАНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В РАЙОНЕ КОН РА, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ

Раскрыты закономерности локализации золотомедной и урановой минерализации, сформировавшейся в протерозойско-докембрийском метаморфическом комплексе в экзоскарновой зоне гранитного блока Хайван триасового возраста. Использованы геолого-геофизические материалы, результаты изучения вещественного состава руд по 42 шлифам и распределение полезных компонентов по анализам ICP MS 214 проб, атомно-абсорбционным 300 проб и гамма-спектрометрии 42 проб. Установлено, что рудная минерализация представлена золотоносными первичными сульфидными и оксидными рудами. Золотомедная минерализация находится в экзоскарнах, осложненных плитообразными апофизами гранитов. Модельный ее возраст триасовый. По результатам геологического картирования, наблюдениями в обнажениях и керне оценочных скважин и стереографическому анализу тектонических трещин обоснована рудовмещающая структура Au-Cu рудопроявления в виде крутопадающей зоны pull-apart правого взбросо-сдвига. Урановая минерализация представлена линзами и гнездами. Она пространственно связана с дайками кислого состава юрского возраста, имеющими радиогеохимическую специализацию, и сопровождается кварц-серицитовыми метасоматитами. **Ключевые слова:** медь, золото, уран, рудопроявление, разлом, pull-apart зона, тектоническая брекчия, экзоскарн, апофиза гранитов, дайки.

Do M.F.^{1,2}, Fan T.H.¹, Ignatov P.A.¹ (1 — MGRI-RGGRU, 2 — Geophysical Department of the General Directorate of Geology and Mineral Resources of Vietnam 1, Chienthang, Van Kuan, Khadong, Hanoi 100000, Vietnam)

REGULARITIES OF LOCALIZATION OF GOLD-COPPER AND URANIUM MINERALIZATION IN THE KONRA REGION, CENTRAL VIETNAM

The regularities of localization of gold-copper and uranium mineralizations formed in the Proterozoic-Precambrian metamorphic complex in the exoskarn zone of the Triassic Hai-van granite block were revealed. Geological and geophysical materials, the results of the study of the material composition of the ores in 42 thin sections and the distribution of useful components according to ICP MS analyzes of 214 samples,

atomic absorption 300 samples and gamma spectrometry of 42 samples were used. It has been established that ore mineralization is represented by gold-bearing primary sulfide and oxide ores. Gold-copper mineralization is found in exoskarns, complicated by plate-like apophyses of granites. Its model age is Triassic. Based on the results of geological mapping, observations in outcrops and cores of appraisal wells, and stereographic analysis of tectonic fractures, the ore-bearing structure of Au-Cu ore occurrence in the form of a steeply dipping pull-apart zone of a right reverse fault is substantiated. Uranium mineralization is represented by lenses and sockets. It is spatially related to felsic dikes of the Jurassic age, which have a radiogeochemical specialization, and is accompanied by quartz-sericite metasomatites. **Ключевые слова:** copper, gold, uranium, ore manifestation, fault, pull-apart zone, tectonic breccia, exoskarn, granite apophyses, dike.

Районы Центрального Вьетнама рассматриваются в качестве перспективных на обнаружение стратегически важных месторождений золота, олова, меди, урана и др. [8, 9]. В одном из них Кон Ра, расположенном в провинции Контум, находится одноименное рудопроявление меди, золота и урана. Геологическим условиям локализации этого перспективного рудопроявления посвящена данная статья.

Сульфидная минерализация рудопроявления Кон Ра была обнаружена в 2019 г. В процессе проведения геологических маршрутов и бурения мелких скважин глубиной до 20 м. Она охватывает тектонические брекчии и катаклазиты, которые нарушают протерозой-кембрийские карбонатно-сланцевые породы зоны экзоскарнов, связанные с внедрением триасовых гранитов комплекса Хайван.

Для изучения закономерностей локализации минерализации Cu, Au и U использованы: геологические карты масштабов 1:100 000; 1:50 000 и 1:10 000; результаты оценочного бурения 9 наклонных скважин глубиной от 100 до 300 м, карты аэро-гамма и пешеходной гамма-съемки в масштабе 1:10 000; профильная электроразведка, выполненная методом ЭЭП четырехэлектродной установкой. Вещественный состав руд и распределение полезных компонентов изучено по данным ICP MS анализов 214 проб, атомно-абсорбционных анализов 300 проб и гамма-спектрометрических анализов 42 проб. Изучены 20 прозрачных шлифов и 22 аншлифа. Для определения возраста руд использованы данные масс-спектрометрии Rb-Sr серицита из околорудных метасоматитов.

В районе Кон Ра наиболее распространены метаморфические породы протерозой-кембрийского комплекса Хамдык. В них располагаются линзы силурийских гранито-гнейсов комплекса Чулай и интрузии триасовых гранитов комплекса Хайван. В районе встречаются юрские дайки гранит-порфиров и лам-

профиров. Известны диабазовые дайки неогенового комплекса Кумонг, на севере имеются покровы неогеновых базальтов. Район имеет блоковое строение и нарушен крутопадающими разломами [3–5, 7].

Рельеф района низкогорно-холмистый. Большая часть площади покрыта тропическими лесами и посадками. Почти повсеместно распространены латериты.

В комплексе Хамдык выделено 9 ассоциаций, включающих метаультрамафиты, метагаббро, амфиболиты, амфиболовые и биотитовые гнейсы, метаплагиограниты, мраморы, антофиллит-кордиеритовые, кварц-сланцевые и углеродистые кристаллические сланцы [3–5, 7]. Породы значительно деформированы и имеют сложную складчатость с общим направлением осей на северо-восток.

Породы силурийского комплекса Чулай обнажаются в виде линз, сложенных гранито-гнейсами. Они залегают согласно с метаморфическими породами комплекса Хамдык, наиболее распространены на западе и меньше на востоке района. Они, вероятно, представляют собой ядра гранитизации куполовидно-валообразных структур. Результаты анализа изотопного возраста циркона из образца двуслюдяного гранито-гнейса комплекса Чулай по U-Pb методу показали 432 млн лет, что вместе с геологической позицией позволило считать его силурийским [4, 8–11].

На площади рудопроявления Кон Ра, граниты комплекса Хайван обнажаются небольшими блоками и вскрыты скважинами до глубины 300 м. Они пересекают зону дробления и катаклаза, которая находится в протерозойских метаморфических породах комплекса Хамдык. Местами граниты комплекса также интенсивно поддроблены и имеют тектонические ограничения. В зонах дробления отмечается хлоритизация. По U-Pb методу по циркону из двуслюдяных среднезернистых гранитов по образцам, отобранным из обнажения с площади рудопроявления Кон Ра КР.719, и зерна КР.LK4/59, взятого с глубины 205 м, определен изотопный возраст соответственно $253,1 \pm 2,9$ и $235 \pm 3,1$ млн лет. Этот состав пород и геологическая позиция массивов позволили отнести комплекс Хайван к раннему-среднему триасу [4].

В районе Кон Ра закартированы крутопадающие дайки лампрофиров, пегматитов, порфировых гранитов и фельзит-порфиров. Они пересекают метаморфические породы и содержат ксенолиты гранитов комплекса Хайван. По результатам масс-спектрометрии U-Pb методом по циркону из фельзит-порфира, ото-

бранного из скважины LK2/33, определен изотопный возраст $163,98 \pm 1,9$ млн лет, что соответствует средней юре.

Рудопроявление Кон Ра по своим параметрам следует рассматривать как потенциальное месторождение. Оно локализовано в блоке, сложенном осадочно-метаморфическими породами преимущественно карбонатно-терригенного состава, интродуцированными гранитами Хайван [8–9]. Рудоносные зоны Кон Ра приурочены к восточному контакту гранитов, осложненному дайковидными апофизами гранитов поздней фазы внедрения. Здесь же распространены скарны. Минерализация связана с эпискарновыми тектоническими брекчиями и катаклазитами (рис. 1).

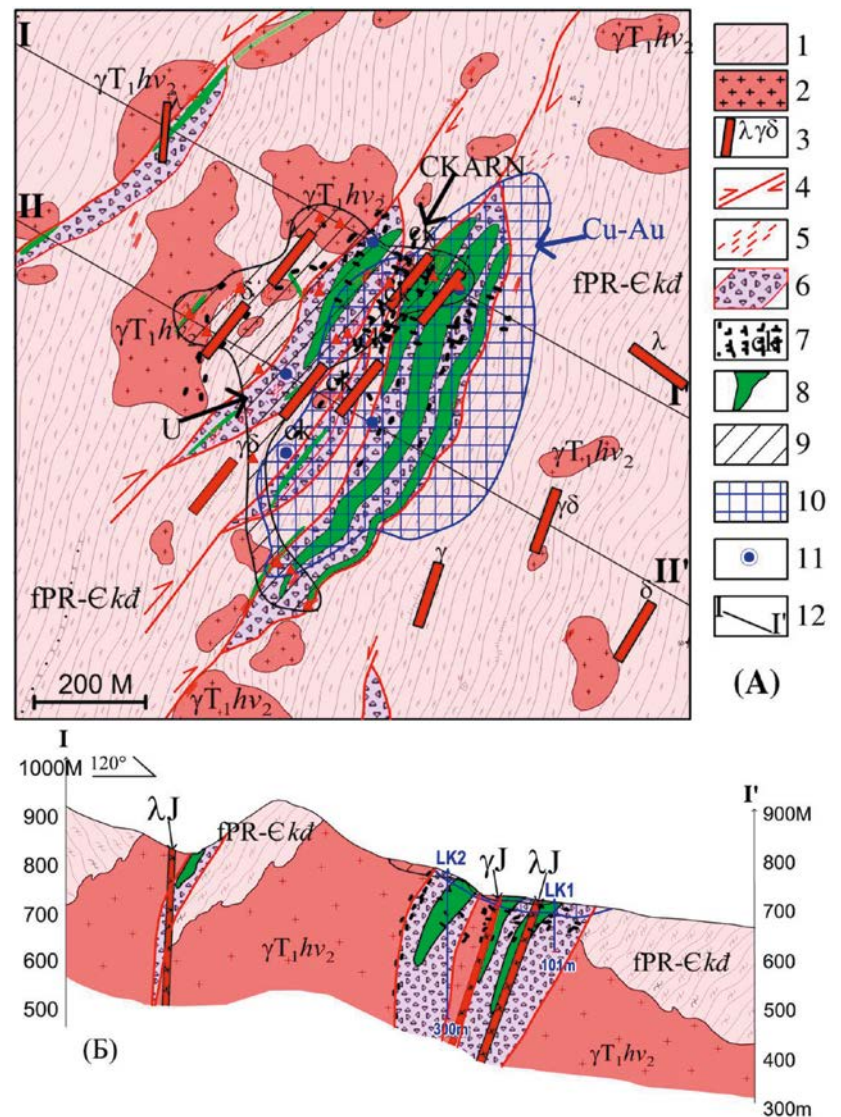


Рис. 1. Схематическая геологическая карта участка рудопроявления Кон Ра (А) и геологический профиль по линии I-I' (Б): 1 — кристаллические сланцы (f PR-Єkd); 2 — граниты второй фазы комплекса Хайван ($\gamma T_1 hv_2$); 3 — юрские дайки лампрофиров (δ), пегматитов и фельзит-порфиров (γ), гранодиорит-порфиров (λ); 4 — разломы; 5 — зона тектонических брекчий и катаклаза; 6 — предполагаемая pull-apart зона; 7 — скарнированные породы; 8 — ореол урановой минерализации; 9 — золото-медная рудоносная зона в коренном залегании; 10 — золото-медная минерализация в зоне окисления; 11 — устья оценочных скважин; 12 — линии профилей I-I' и II-II'

Тектонические брекчии встречаются, как правило, в диопсидовых и тремолитовых мраморах и ассоциирующихся с ними кристаллических сланцах (рис. 2). Что, вероятно, обусловлено большей хрупкостью мраморов относительно сланцев.

Изучение керна, каротажа, результатов опробования и аналитики показали, что *первичная золотоносная медная минерализация* связана с сульфидами, слагающими цемент тектонических брекчий и катаклазитов, гнезда и прожилки в диопсид-кварцевых и тремолитовых мраморах и сланцах. Рудные минералы включают пирит, халькопирит, пирротин, марказит, халькозин, кубанит, молибденит, магнетит, графит и находятся в сростании с кварцем, серицитом, хлоритом и эпидотом [4]. Руды имеют брекчиевую, прожилковую и вкрапленную текстуры. Скопления сульфидов размерами от менее 0,1 до 5 мм слагают цемент брекчий с обломками диопсидовых и тремолитовых мраморов и сланцев, пироксена и тремолита. Среднее содержание сульфидов 15–20 %. Сульфидная минерализация сопровождается метасоматитами в ассоциации кварц-серицит-хлорит-эпидот. Распространены пострудные прожилки кальцита. По результатам анализа включений в кварце установлено, что рудные минералы образуются в контрастном диапазоне температур от 300 °С до 445 °С и от 220 °С до 280 °С [8, 9].

Таблица 1
Содержание элементов (г/т) в медной руде Кон Ра по данным атомной абсорбции

Элемент	Число проб	Содержания (г/т)			Коэффициент вариации V, %
		мин.	макс.	среднее	
Au	374	0,01	1,05	0,16	75,80
Ag	374	0,1	1,69	0,17	110,03
Cu	374	88	60639	7398,87	84,45
Pb	374	10	211	20,97	89,44
Zn	374	7	234	35,98	105,34
Mo	240	3	2005	42,54	351,77
Co	257	3	226	37,37	106,29
Ni	257	3	179	15,84	127,42

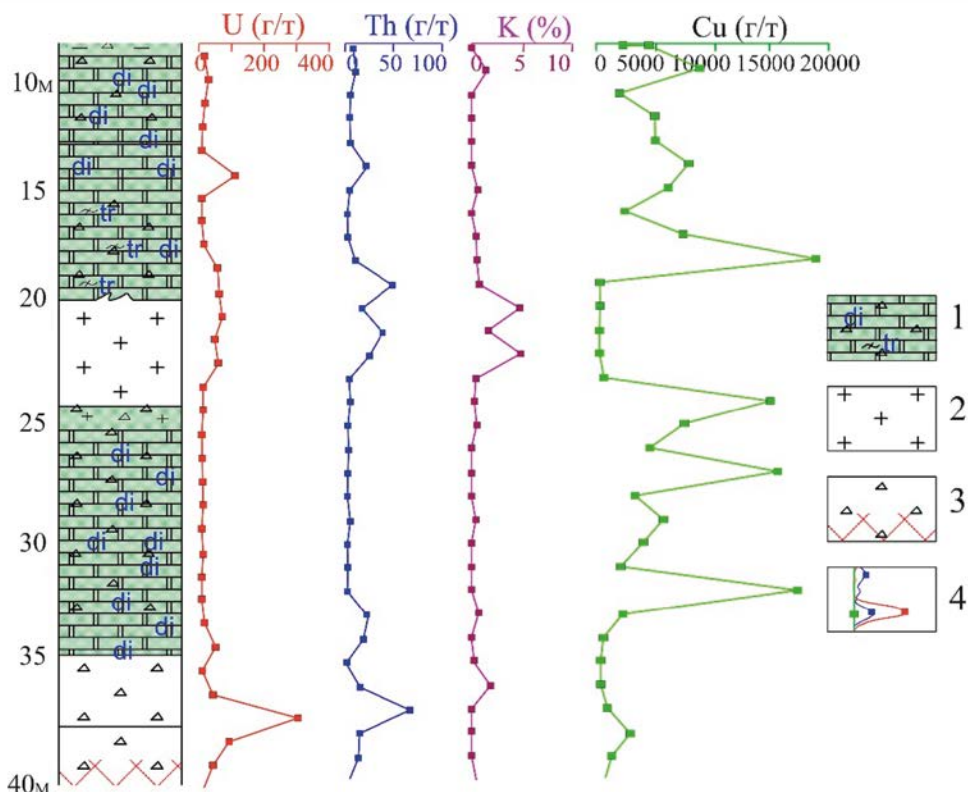


Рис. 2. Фрагмент схематической колонки по скважине Lk 1: 1 — тектонические брекчии с обломками тремолитовых и диопсидовых мраморов и сульфидами (15–30 % пирит, пирротин, халькопирит и др.); 2 — граниты; 3 — катаклазиты и тектонические брекчии с обломками тремолитовых и диопсидовых сланцев, сульфидами того же состава (4–15 %) и высокой радиоактивностью; 4 — кривые гамма-каротажа и содержания урана, тория, калия и меди

Согласно результатам атомно-абсорбционного анализа (табл. 1), содержание меди варьирует от 88 до 60639 г/т, в среднем 7398,87 г/т с коэффициентом вариации 84,45 %. Золото часто встречается в кварцевых жилах и распределяется с относительно стабильным содержанием (0,01 ÷ 1,16 г/т) со средним значением 0,16 г/т, коэффициент вариации 75,80 %. Имеются концентрации халькофильных металлов.

Анализ корреляционных связей показывает слабую положительную связь золота с серебром (коэффициент корреляции 0,33) и медью (0,15), серебра с медью (0,33), меди и цинком (0,28) (табл. 2).

Надо отметить невысокие коэффициенты корреляции Cu-Co (0,40), Cu-Ni (0,35) и Co-Ni (0,46). Таким образом, при поисках золотых руд, помимо золота и серебра, признаками надо считать концентрации меди и цинка. Кроме того, могут быть использованы концентрации Ni, Co, Mo, Pb.

Возраст образования эпискарновой медной минерализации установлен по изотопии Rb-Sr в сериците. Пробы отобраны из медной руды из скважины KR.LK3 (табл. 3). Модельный возраст составил 235 ± 15 млн лет, что соответствует среднетриасовой эпохе (рис. 3).

В коре выветривания выявлена зона медных оксидных руд мощностью до 10 м. Она представлена двумя минеральными комплексами халькозин-ковелин-борнитовым и малахит-азуритовым. Содержание

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между элементами по результатам атомно-абсорбционных анализов руд рудопоявления Кон Ра

Элемент	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Co	Ni
Au	1							
Ag	0.33	1						
Cu	0.15	0.33	1					
Pb	-0.07	-0.02	-0.08	1				
Zn	0.08	0.15	0.28	0.22	1			
Mo	-0.07	0.00	0.03	0.1	-0.07	1		
Co	0.02	0,00	0.4	0.12	0.28	0.16	1	
Ni	0.07	0.00	0.35	0.14	0.33	0.09	0.46	1

Таблица 3

Содержания Rb и Sr и их изотопов в сериците

Проб	Пород	Rb(ppm)	Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr		⁽⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr)/i	
KR.LK3	sericite	37.34	150.18	0.759	0.002	0.71323	0.0001
KR.LK3	sericite	105.16	128.92	1.9978	0.002	0.71751	0.0000
KR.LK3	sericite	286.32	116.81	6.338	0.002	0.73392	0.0001
KR.LK3	sericite	115.96	215.22	1.4913	0.002	0.71558	0.0001

Таблица 4

Содержание элементов (г/т) в рудах зоны окисления рудопоявления Кон Ра по данным атомной абсорбции

Элемент	Число проб	Содержания (г/т)			Коэффициент вариации V, %
		Мин	Макс	Среднее	
Au	418	0.23	0.42	0.3	17
Ag	418	0.1	0.7	0.15	91
Cu	418	85	23143	6740.61	93
Pb	418	10	22	10.96	29
Zn	418	12	115	46.52	60
Co	418	10	226	53.35	101
Ni	418	3	40	14.87	70
Cr	418	41	659	180.22	76

меди колеблется от 85 ppm до 23143 ppm, в среднем 6740,61 ppm, коэффициент вариации 93 % (табл. 4). Ореол концентрации меди в коре выветривания выделен по аномальным содержаниям выше 6750 ppm (см. рис. 1А). Содержание золота в зоне окисления колеблется от 0,23 до 0,42 г/т, в среднем 0,30 г/т, с коэффициентом вариации 17 %.

Установлено, что в зоне окисления существует положительная корреляция между Cu и Cr — 0,22, Cu и Co — 0,21, Ag и Zn — 0,33, Zn и Ni и 0,51, Co и Cr — 0,45. Корреляция между медью и золотом отсутствует с коэффициентом корреляции 0,08, похоже соотносятся медь и цинк (0,01) (табл. 5).

Средняя мощность предполагаемых рудных тел первичных руд составила 9,5 м, длина достигает 917 м,

азимут простирания 40°, падение на северо-запад с углом 35°–60° (см. рис. 1Б). Выявлены три рудоносные зоны с Cu и Au линзовидной формы. Они расположены субпараллельно и кулисообразно с крутыми углами падения на северо-запад. Размер и распределение в них полезных компонентов в значительной степени определяются структурными элементами до- и синрудных разломов и осложнениями апофизами гранитов. Несмотря на весьма ограниченное число рудных пересечений в оценочных скважинах, намечается выклинивание на глубину медного оруденения. Предполагается значительный эрозийный срез рудных залежей.

Для изучения распространения сульфидной минерализации проведена профильная электроразведка с использованием станции измерения глубины поляризации с приемником Elrec Pr. В основу интерпретации электроразведки положены имеющиеся данные по значениям удельного сопротивления и поляризации в образцах гранитов, кристаллических сланцев и тектонических брекчиях с сульфидной минерализацией (табл. 6). Видно, что в этом ряду практически на порядок снижается удельное сопротивление и в разы растет поляризация.

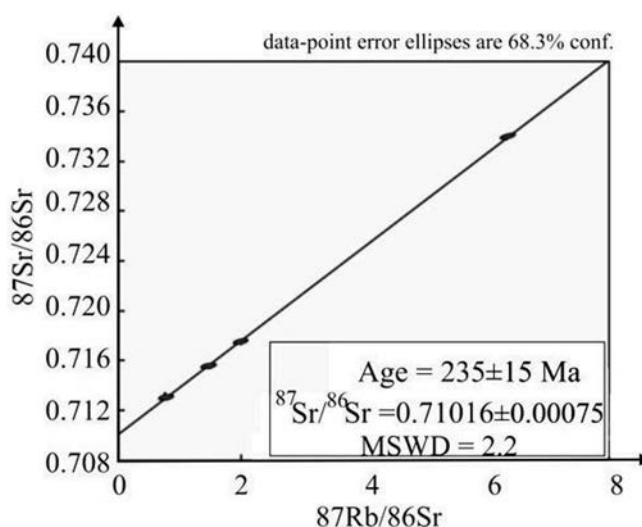


Рис. 3. Соотношения изотопов Rb-Sr в сериците образца KR.LK3. Анализы выполнены на термоионном мультиколлекторном масс-спектрометре TRITON T1 в Пекинской академии наук, аналитик Ч. Дуан [8, 9]

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между элементами по результатам атомно-абсорбционного анализа медной руды в коре выветривания рудного потенциала Кон Ра

Элемент	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr
Au	1.00							
Ag	-0.22	1.00						
Cu	0.08	-0.27	1.00					
Pb	-0.01	0.13	-0.24	1.00				
Zn	0.03	0.33	0.01	-0.11	1.00			
Co	0.10	-0.19	0.21	-0.13	0.13	1.00		
Ni	0.05	0.30	-0.48	0.23	0.51	-0.36	1.00	
Cr	-0.13	0.06	0.22	-0.22	0.04	0.45	-0.35	1.00

Таблица 6

Значения удельного сопротивления и поляризации пород в тектонических брекчиях, содержащих сульфиды рудопоявления Кон Ра [8, 9]

Породы (количество образцов)	Удельное сопротивление ($\Omega\text{м}$)	Поляризация (мВ/В)
Граниты (310)	300–1200	1–10
Кристаллические сланцы (308)	20–300	5–15
Тектонические брекчии (24)	1–30	15–30

На основе профильной электроразведки выделены блоки гранитов, кристаллических сланцев и тектонических брекчий, показанные на геолого-геофизическом профиле (рис. 4). По резким градиентам электрических параметров, совпадающим с проявлениями тектонитов, выделены разломы. По аномально высокой поляризуемости и минимальным сопротивлениям выделена зона с большим количеством сульфидов. Важно отметить, что последняя подтверждает намеченный тренд выклинивания на глубину Au-Cu оруденения и наличие плащевидной залежи оксидных руд.

Урановая минерализация встречается в виде гнезд и небольших линз как на поверхности, так и в коренном залегании. Они пространственно связаны с дайками кислого состава юрского возраста, также находящимися в восточном экзоконтакте гранитов Хайван (см. рис. 1 А). Дайки мощностью от 0,5 м до 15 м прослеживаются от нескольких десятков метров до 1000 м и простираются в субмеридиональном и северо-восточном направлениях. Они сопровождаются гидротермальными изменениями метаморфических пород Хамдык в виде кварц-серицитовых новообразований.

Урановая минерализация в виде уранинита, уранофана и карнотита с аномальной радиоактивностью обнаружена в дайках пегматитов, околодайковых метасоматитах и в тектонических брекчиях в гранитах Хайван [6]. Сами дайки отличаются повышенной

мощностью дозы радиоактивности: пегматит — от 32 мкР/ч до 65 мкР/ч, в среднем 47,6 мкР/ч; порфиновый гранит — от 34 мкР/ч до 62 мкР/ч, в среднем 43,5 мкР/ч.

Результаты анализа 42 проб медной руды показали, что руды Кон Ра содержат концентрации урана и тория с содержанием U от 0,007 до 4,41 %, в среднем 0,57 % (коэффициент вариации 153,64 %), достигая промышленных концентраций (табл. 7).

В процессе латеритизации очевидно было окисление первичных минералов урана и формировались концентрации радия. Площадной ореол урановой минерализации

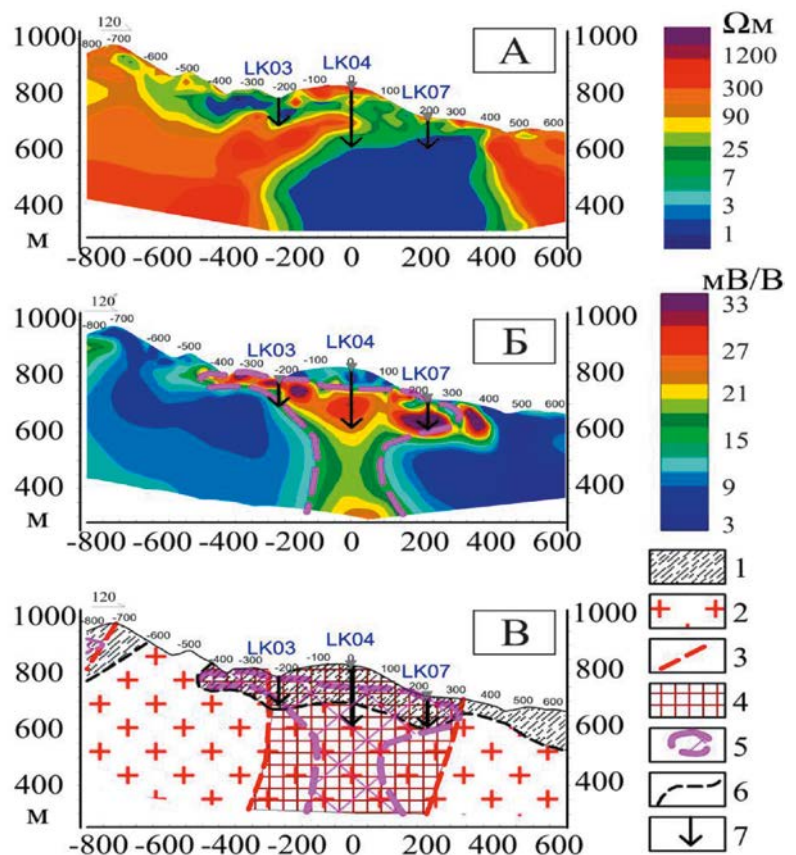


Рис. 4. Электроразведочные профили по линии II-II': А — удельного электросопротивления, Ом; Б — поляризации, мВ/В; В — геолого-геофизический разрез: 1 — кристаллические сланцы; 2 — граниты; 3 — разлом; 4 — зона пониженного удельного сопротивления, связанная с тектоническим дроблением; 5 — аномальная зона с минимальным удельным сопротивлением и высокой поляризацией с сульфидной минерализацией; 6 — геологические границы; 7 — устья скважин

Таблица 7

Результаты гамма-спектрометрии 42 образцов руды

Параметры	U %	U ₃ O ₈ %	Th %	U/Th
Среднее	0,57	0,67	0,06	9,49
Минимальное	0,007	0,008	0,001	
Максимальное	4,41	5,20	0,32	
Количество проб	42	42	42	
Коэффициент вариации V%	153,64	153,64	131,46	

выделен по результатам пешеходной гамма-съемки и включает ряд точечных аномалий до 3000 мкР/ч и более. Внутри него на глубине имеются рудные концентрации урана, вскрытые в оценочных скважинах. На восточном фланге ореол с высокой радиоактивностью частично перекрывается с ореолом золотомедных проявлений (см. рис. 1).

Как золотомедная, так и урановая минерализация связаны с разломами. Особенно это касается золотомедных сульфидных руд. В этой связи важен анализ тектонических нарушений, распространенных в районе Кон Ра и на участке рудопроявления.

По геолого-геофизическим данным в перспективном рудном районе Кон Ра выделено два тектонических блока, сложенных комплексами метаморфических пород протерозоя-кембрия и интрузиями триасовых гранитов, которые отличаются составом и строением вулканогенно-осадочно-метаморфических пород [7]. Потенциальное месторождение с Cu-Au-U минерализацией расположено в блоке, включающем метакarbonатные породы, большой массив триасовых гранитов и связанных с ними скарнов, с широким развитием взбросов и сдвигов.

Этот тип нарушений выявлен по данным геологического картирования, наблюдениям в обнажениях и керне скважин и объемного анализа ориентированных тектонических трещин. В частности, правый взбросо-

сдвиг северо-восточного простирания установлен на юго-западе участка рудопроявления Кон Ра (рис. 5 А). Амплитуда смещений частей триасовых гранитов составляет десятки метров. На севере восточного тектонического блока закартировано смещение крутопадающих даек метаультрабазитов комплекса Хамдык по правому сдвигу северо-западного простирания (рис. 5 Б). Амплитуды перемещений на этом участке также составили первые десятки метров.

На участке рудопроявления Кон Ра закартирована серия субпараллельных взбросо-сдвигов северо-

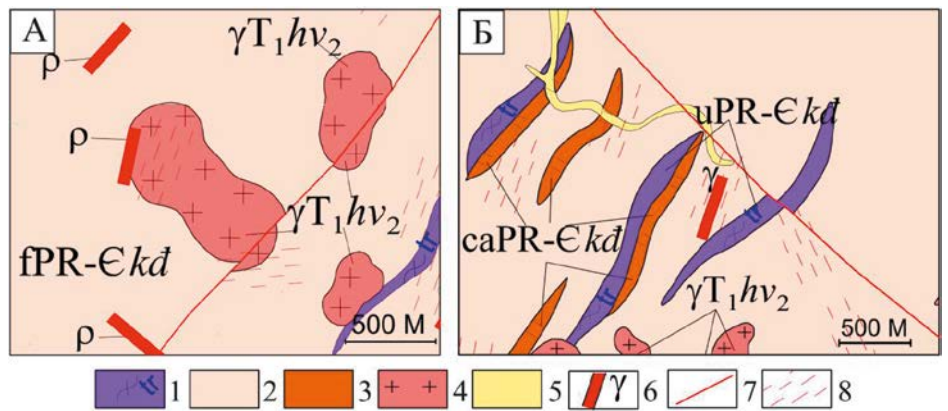


Рис. 5. Фрагменты геологической карты с проявлениями взбросо-сдвига (А) и правого сдвига (Б): 1–3 — метаморфические породы докембрийско-кембрийского комплекса Хамдык; 1 — метаультрамафиты; 2 — кристаллические сланцы; 3 — метакarbonатные породы; 4 — граниты второй фазы триасового комплекса Хайван; 5 — четвертичные речные отложения; 6 — дайки пегматитов и фельзит-порфиоров; 7 — разломы; 8 — зоны брекчий и катаклазитов

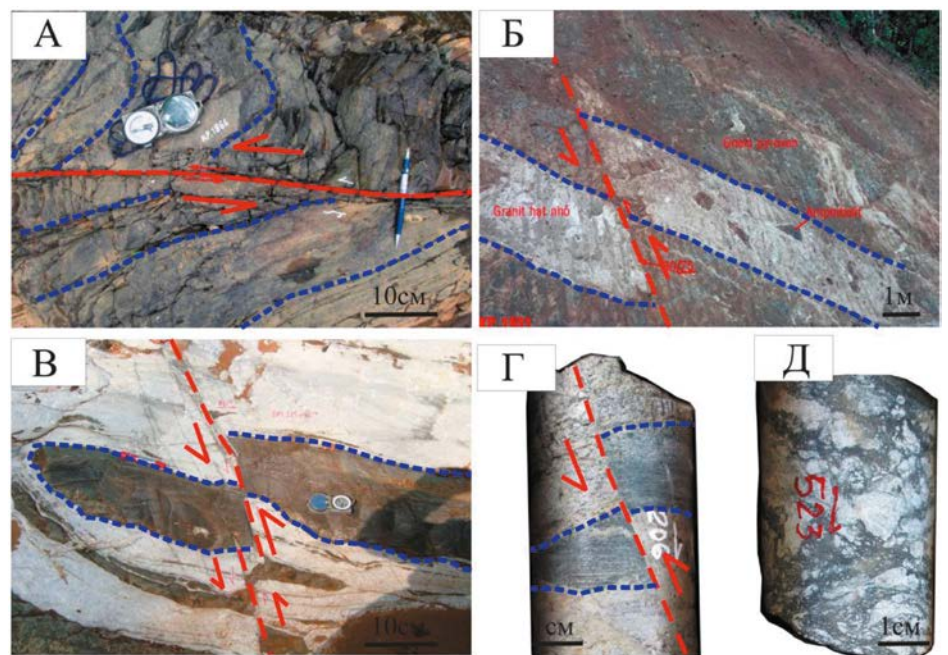


Рис. 6. Проявления взбросо-сдвиговых деформаций в обнажениях и керне скважин: А — микровзбросо-сдвиг в двуслюдяных кварцевых сланцах комплекса Хамдык с тектонической брекчией, обнажение KR.1866; Б — микровзброс в биотитовых гнейсах комплекса Хамдык; В — микровзброс линзы амфиболита в мраморе комплекса Хамдык; Г — микровзбросо-сдвиг в мраморе, керн скважины LK1; Д — тектоническая брекчия с сульфидным цементом

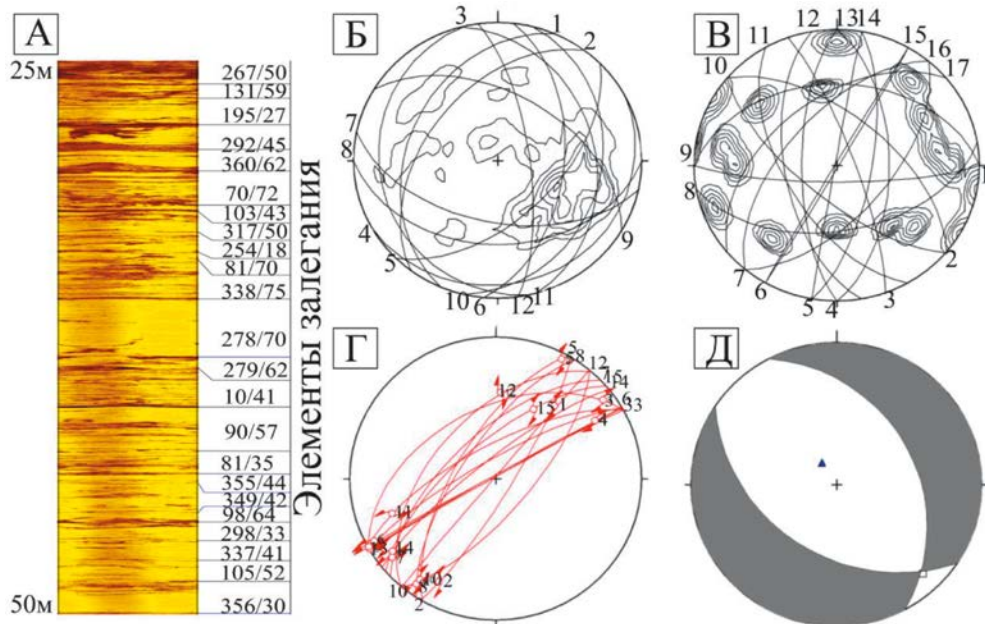


Рис. 7. Результаты анализа тектонических трещин в породах комплекса Хамдык на участке рудопроявления Кон Ра: А — срезы ультразвуковых изображений высокого разрешения, по которым определены элементы залегания трещин в скважинах; Б — сферические проекции плоскостей трещин в породах комплекса Хамдык; В — сферические проекции плоскостей трещин в гранитах комплекса Хайван; Г — проекции основных взбросо-сдвиговых трещин; Д — положение главных осей напряжений σ_1 — $227 \angle 03$; σ_2 — $137 \angle 15$; σ_3 — $327 \angle 75$; коэффициент напряжений $R = 0,0201$

восточного простирания, аналогичных показанному выше. По данным бурения и профильной электро-разведки разломы имеют крутое северо-западное падение.

Взбросовый и сдвиговый тип нарушений подтверждается и наблюдениями в обнажениях, и по керну скважин (рис. 6). Амплитуды смещений составляют первые сантиметры, однако форма микронарушений явно указывает на их происхождение. Часто микросмещения сопровождаются тектоническими брекчиями и катаклазитами. В части из них находится сульфидная минерализация.

Взбросо-сдвиговый характер рассматриваемых нарушений подтверждается и анализом массовых замеров тектонических трещин.

Замеры пространственных параметров трещин выполнены с помощью телевидеокамеры и приемника изображений высокого разрешения и ультразвукового сканера (рис. 6А). Многочисленные замеры выполнены в породах комплекса Хамдык в 9 скважинах и в гранитах комплекса Хайван в 6 скважинах. Построение сферических проекций азимутов

простираения и углов падения трещин выполнено с использованием программного обеспечения HiRAT фирмы ROBERTSON, Великобритания, 2014 г.

В метаморфических породах комплекса Хамдык установлено 12 систем трещин (рис. 7Б). Четыре из них основные: субмеридиональные ($82-96 \angle 52-72$) и ($75 \angle 33$); широтные ($180-192 \angle 39-53$); северо-западные ($31 \angle 50$) или ($257 \angle 19$) и северо-восточные ($293 \angle 37$, $307 \angle 48$) или ($151 \angle 12$, $135 \angle 56$, $104 \angle 29$).

В гранитах комплекса Хайван установлено 17 систем трещин (рис. 7В). Четыре из них основные: Меридианые ($90-100 \angle 60-70$) или от ($260-270 \angle 60-70$) до ($280 \angle 89$); широтные ($0 \angle 4$) или от ($170 \angle 50$) до ($180 \angle 80$); северо-западные от ($040 \angle 60$) до ($170 \angle 80$) или ($220-240 \angle 60-70$) и северо-восточные от ($130 \angle 60$) до ($120 \angle 89$) или ($320 \angle 50$), от ($210 \angle 60$) до ($300 \angle 89$).

Результаты стереографического анализа тектонических трещин, сделанных по методике Даниловича [6], показали, что северо-восточные разломы с северо-западным падением с углами $70-80^\circ$ являются взбросо-сдвигами (рис. 7Г). Они сформировались в результате напряжений сжатия: горизонтальных (σ_1 по азимуту $227 \angle 03$ и σ_2 по азимуту $137 \angle 15$) и вертикальных (σ_3 по азимуту $327 \angle 75$). Расчетный

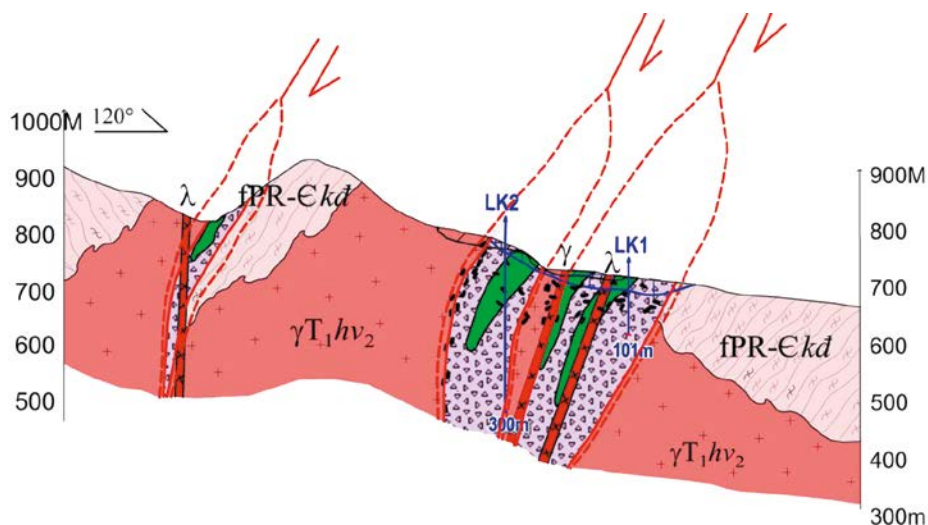


Рис. 8. Схема рудовмещающей зоны локального растяжения и тектонических брекчий в экзокларнах рудопроявления Кон Ра

коэффициент напряжений небольшой ($R = 0,0201$). Это показывает, что сжимающая сила возникает одновременно с правосторонним смещением. Тектонический режим близок к переходу между сжатием и сдвигом (рис. 7Д).

Важно отметить, что золотомедная минерализация в виде рудоносных линзовидных зон локализована именно в отмеченных взбросо-сдвиговых нарушениях северо-восточного простирания и крутого северо-западного падения.

Морфология этих нарушений в виде плавных изгибов позволила представить рудовмещающую структуру потенциального золотомедного месторождения Кон Ра как крутопадающую pull-apart зону правого взбросо-сдвига, охватившую хрупкую среду экзоскарнов с мраморами (рис. 8).

Согласно этой модели, под действием регионального сжатия произошли взбросо-сдвиговые хрупкие деформации осложненных плитообразными апофизами гранитов Хайван экзоскарнов, развитых по метатерригенным и метакarbonатным породам комплекса Хамдык. В участке флексурного изгиба этого правостороннего сдвига образовалась pull apart зона локального растяжения с тектоническими брекчиями и катаклазитами. Именно в эту зону должны были поступать рудоносные гидротермальные растворы с медью, золотом и другими компонентами. А также сероводород и, возможно, водород, что обусловило действие сульфидного и восстановительного барьеров и образование руд.

Выводы

Рудопроявление меди, золота и урана Кон Ра в провинции Контум Центрального Вьетнама по своим параметрам и геологическому положению представляется потенциальным месторождением. По геолого-геофизическим данным оруденение выклинивается на глубину от первых десятков до первых сотен метров, представлено первичными и оксидными рудами и прослежено по простиранию до первых километров при крутом падении предполагаемых рудных тел.

На участке рудопроявления золотомедная сульфидная минерализация представлена тремя крутопадающими линзовидными рудоносными зонами, протяженными в северо-восточном направлении и залегающими субпараллельно и кулисообразно. Оруденение локализовано в тектонических брекчиях и катаклазитах, нарушающих скарнированные осадочно-метаморфические породы докембрийско-кембрийского возраста. Дорудные скарны сформировались на активном контакте мраморов, чередующихся с кристаллическими сланцами комплекса Хамдык, и второй фазы триасовых гранитов комплекса Хайван. Золотомедная минерализация находится в экзоскарнах, осложненных плитообразными апофизами гранитов. Возраст ее триасовый.

По результатам геологического картирования, наблюдений в обнажениях и керне оценочных скважин, а также стереографическому анализу тектонических

трещин обоснована рудовмещающая структура золотомедного рудопроявления в виде крутопадающей pull-apart зоны правого взбросо-сдвига.

Урановая минерализация представлена линзами и гнездами. Ее ореол частично перекрывается ореолом золотомедных концентраций. Она пространственно связана с дайками кислого состава юрского возраста, имеющими радиогеохимическую специализацию, и сопровождается кварц-серицитовыми метасоматитами. На этом основании предполагается ее мезозойский возраст.

Пространственное сопряжение золотомедной и урановой минерализации может быть обусловлено унаследованным развитием рудоконтролирующих тектонических нарушений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геология и минеральные ресурсы листа Контум (D-48-XVIII). В: Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1:200 000). Главное управление геологии и минералов Вьетнама. — Ханой, 1998. — С. 73.*
2. *Геология и минеральные ресурсы листа Дакто (D-49-XII). Карта геологии и минеральных ресурсов Вьетнама (1: 200 000). Главное управление геологии и минералов Вьетнама. — Ханой, 1998. — 115 С.*
3. *До, М.Ф. Тектоническое положение Cu, U, Au минерализации района Кон Ра, Центральный Вьетнам. Сборник тезисов докладов I Молодежной конференции ЦНИГРИ / М.Ф. До, З.Х. Нгуен. — М., 2020. — С. 82–85.*
4. *До, М.Ф. Минералого-геохимические характеристики Cu-U-Au-проявлений в районе Кон Ра провинции Контум, Вьетнам / М.Ф. До, П.А. Игнатов, Т.Х. Фан, З.Х. Нгуен, Д. Чан // Геология и разведка. — 2020. — № 2 (63). — С. 73–85. (<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-2-73-85>).*
5. *До, М.Ф. Эпикарновая Cu-U-Au минерализация района Кон Ра в Центральном Вьетнаме // II Молодежная научно-образовательная конференция. Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов — от прогноза к добыче / М.Ф. До, П.А. Игнатов, Т.Х. Фан. — М.: ЦНИГРИ, 2021. — С. 37–417.*
6. *Данилович, В.Н. Метод поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными нарушениями (Методическое руководство) / В.Н. Данилович. — Иркутский политехнический институт, 1961. — 48 стр. <https://www.geokniga.org/books/3346>.*
7. *До, М.Ф. Структуры, контролирующие Cu-U-Au минерализацию в районе Кон Ра провинции Контум Центрального Вьетнама / М.Ф. До, П.А. Игнатов, Т.Х. Фан, З.Х. Нгуен, В.Т. Чан // Разведка и охрана недр. — 2021. — № 6. — С. 28–34. (<http://rion-journal.com/2021/07/19/6-2021/>).*
8. *Чан, Д. Отчет об оценке минеральных ресурсов меди в районе Кон Ра. Фонды Вьетнамского Министерства природных ресурсов и экологии / Д. Чан. — Ханой, 2019. — 109 с.*
9. *Чан, Д. Геология и разведка минералов в масштабе 1: 50 000 группы листов Конплонг, 2021 г. Главное управление геологии и минералов Вьетнама / Д. Чан. — Ханой, 1998. — С. 73.*
10. *Dinh, Quang Sang Petrographic characteristics and zircon U-Pb geochronology of granitogneiss rocks in the Chu Lai — Kham Duc area (Quang Nam province) // Science & technology Development Journal: Natural Science. — V. 1. — issue 6, 2017. — С. 258–272.*
11. *Hai, Thanh Tran The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in Central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications / Hai Thanh Tran, Khin Zaw, Halpin J.A., Takayuki Manaka, Meffre S., Chun-Kit Lai, Youjin Lee, Hai Van Le, Sang Dinh. // Gondwana Research. — 2014. — № 26. — С. 144–164.*

© До М.Ф., Фан Т.Х., Игнатов П.А., 2022

До Минь Фьонг // dominhphuong.dkt@gmail.com
Фан Тхи Хонг // phanthihong@humg.edu.vn
Игнатов Петр Алексеевич // ignatovpa@mgi.ru