

ПЕРМОТРИАСОВЫЙ МАГМАТИЗМ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА В СВЯЗИ С ЭМЕЙШАНСКИМ ПЛЮМОМ

Чан Чонг Хоа, А.Э. Изох*, Г.В. Поляков*, А.С. Борисенко*, Чан Туан Ань, П.А. Балыкин*,
Нго Тхи Фыонг, С.Н. Руднев*, Ву Ван Ван, Буй Ан Ньен

Геологический институт Вьетнамской академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам

** Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия*

Показано, что проявления пермотриасового магматизма Северного Вьетнама представляют собой юго-западный и юго-восточный фланги Эмейшаньской крупной изверженной провинции, смещенные по крупноамплитудной сдвиговой зоне Айлаошань—Шонгхонг (Ailao Shan—Red River). На основе новых геохронологических данных (U-Pb и Ar/Ar) выделено два этапа плюмового магматизма, связанного с Эмейшанским плюмом. Первый, пермский (260 млн лет), этап проявлен в зонах Шонгда и Шонгхиен и характеризуется широким развитием пикритовидов. Ко второму этапу следует относить габбро-сиенитовую и габбро-монзодиоритовую ассоциации зоны Логам, расслоенные перидотит-габбровые массивы комплекса Нуйчуа, высокоглиноземистые граниты комплекса Пиабиок и базальт-риолитовую ассоциацию зоны Шонгхиен. Рассмотрена металлогеническая специализация пермотриасового магматизма Северного Вьетнама.

Пермотриас, крупные изверженные провинции, Эмейшань, плюм, геохронология, Вьетнам.

PERMO-TRIASSIC MAGMATISM AND METALLOGENY OF NORTHERN VIETNAM IN RELATION TO THE EMEISHAN PLUME

Tran Trong Hoa, A.E. Izokh, G.V. Polyakov, A.S. Borisenko, Tran Tuan Anh, P.A. Balykin,
Ngo Thi Phuong, S.N. Rudnev, Vu Van Van, and Bui An Nien

We have shown that the occurrences of Permo-Triassic magmatism in northern Vietnam compose the southwestern and southeastern flanks of the Emeishan large igneous province, shifted along the large-amplitude Ailao Shan-Red River shear zone. Based on new geochronological (U-Pb and Ar/Ar) data, two stages of magmatism related to the Emeishan plume have been recognized. At the first, Permian, stage (260 Ma), abundant picritoids of the Song Da and Song Hien zones formed, and at the second, gabbro-syenite and gabbro-monzodiorite associations of the Lo Gam zone, layered peridotite-gabbro massifs of the Nui Chua complex, high-alumina granites of the Phia Bioc complex, and basalt-rhyolite association of the Song Hien zone were produced. The metallogenic specialization of the Permo-Triassic magmatism of northern Vietnam is considered.

Permo-Triassic, large igneous provinces, Emeishan, plume, geochronology, Vietnam

ВВЕДЕНИЕ

Пермотриасовый интервал является особым этапом в истории геологического развития азиатского континента в целом и для территории Вьетнама в частности. Мощное проявление магматизма данного этапа во многих региональных геологических структурах, например сибирские и эмейшанские траппы, базальты и пикриты Северного Вьетнама и другие крупные магматические провинции, было связано с активным воздействием суперплюма, который существовал в это время под азиатским континентом [Добрецов, 2005]. Этот период характеризуется высокими тепловыми потоками, которые проявляются в широком развитии на территории соответствующих регионов пикритового магматизма [Изох и др., 2005; Поляков и др., 2006] и высокотемпературно-низкобарического метаморфизма HT-LP [Malusky et al., 2001], активным взаимодействием плюмового магматизма с литосферной мантией и корой, широким проявлением крупных месторождений Cu, Ni, платиноидов, Au, редких и редкоземельных элементов [Чан Чонг Хоа, 2007].

Для территории Северного Вьетнама свойственны широкие проявления продуктов пермотриасового магматизма различного типа. В восточном обрамлении Индокитайского блока установлены пермотриасовые вулканоплутонические комплексы орогенного типа, а в юго-западном — вулканоплутонические и плутонические ассоциации внутриплитного магматизма [Tran Trong Hoa et al., 2005], которые характерны для рифтогенных структур Шонгда и Шонгхиен, включая соседние прилегающие к ним зоны Логам и Фунгы (рис. 1). Как показали проведенные нами геохронологические исследования, этому же рубежу отвечает габбро-гранитная серия Нуйчуа-Пиабиок, объединяющая расслоенный массив Нуйчуа и высокоглиноземистые граниты массивов Банфук, Тамтао и Кимбой. В данной статье приведен обзор пермо-

ноплутонические образования [Tran Trong Hoa et al., 1996]. На примыкающей к Вьетнаму территории провинции Юньнань (Южный Китай) выделяется вулканоплутонический пояс Айлаошань, сложенный пермскими базальтами и андезитобазальтами с возрастом 263—265 млн лет [Чжу Бин-Цюань и др., 2005].

Иной характер проявления установлен для пермотриасового магматизма в других сегментах Северного Вьетнама [Поляков и др., 1991, 1995, 1998; Tran Trong Hoa et al., 2005]. В рифтогенных структурах Шонгда на северо-западе и Шонгхиен на северо-востоке широко развиты пермские и пермотриасовые вулканоплутонические бимодальные ассоциации с преимущественным развитием ультрамафит-мафитовых пород в первом случае и среднекислых — во втором. По вещественным особенностям, пермские вулканоплутонические ассоциации рифтогенных структур отвечают продуктам магматизма, связанного с воздействием мантийного плюма на блоки с различным строением литосферы [Tran Trong Hoa et al., 2004; Изох и др., 2005]. В структурах, обрамляющих поднятие Шонгчай (Логам и Фунгы), выявлены габбро-сиенитовые массивы нескольких петрохимических типов, но с устойчивыми надсубдукционными геохимическими характеристиками [Tran Trong Hoa et al., 2004].

Недостаточность возрастных данных по этим ассоциациям побудила нас провести специальные геохронологические и изотопно-геохимические исследования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

U-Pb датирование цирконов проведено на вторично-ионном микрозонде высокого разрешения (SHRIMP-II) в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург). Измерения U-Pb отношений проведено по методике, описанной в статье [Williams, 1998]. Интенсивность первичного пучка молекулярных отрицательно заряженных ионов кислорода составляла 5 нА, диаметр пятна (кратера) — 25 мкм. Обработка полученных данных осуществлялась с использованием программы SQUID [Ludwig, 1999]. U-Pb отношения нормализовались на значение 0.0668, приписанное стандартному циркону TEMORA, что соответствует возрасту этого циркона 416.75 млн лет. Погрешности единичных анализов (отношений и возрастов) приводятся на уровне 1σ , погрешности вычисленных конкордантных возрастов — на уровне 2σ . При построении графиков с конкордией использовалась программа ISOPLOT/EX. Съемка пр. АН-8003 выполнена Е.Н. Лепехиной, остальные — Н.В. Родионовым, которым авторы выражают искреннюю благодарность.

Изотопный Ag-Ag анализ проводился в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) А.В. Травиным. Анализировалась фракция (0.25—0.5 мм) породообразующего биотита из высокоглиноземистого биотитового гранита массива Банфук, Тамтао зона Логам (пр. Н-1531/1). Минеральные фракции были запакованы в Al-фольгу и запаяны после предварительной откачки воздуха в кварцевых ампулах с последующим облучением в кадмированном канале исследовательского ВВР-К-реактора Томского политехнического университета. Нейтронный поток калиброван по стандартному биотиту МСА-11 с градиентом не более 0.5 % в размере образца. Выделение аргона проводилось в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Холостой опыт по ^{40}Ag при 1200 °С в течение 40 мин не превышал 5×10^{-11} г. После очистки выделенного аргона с использованием Ti- и ZrAl SAES-геттеров его изотопный состав измерялся на масс-спектрометре „Noble Gas 5400“ фирмы „Микромасс“ (Англия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Массив Нуйчуа, зона Фунгы. Расслоенный оливинит-лерцолит-габброноритовый интрузив Нуйчуа относится к одноименному комплексу и располагается в зоне Фунгы севернее сдвиговой системы Айлаошань—Шонгхонг (см. рис. 1) [Hoang et al., 2004]. Габброиды этого комплекса совместно с высокоглиноземистыми гранитами комплекса Пиабиок рассматривались как проявление позднепермско-юрского этапа интрузивного магматизма Северного Вьетнама. Нами для геохронологических исследований отобрана проба (15 кг) мелкозернистого габбронорита АН-2437-1 вблизи контакта восточной части массива (координаты 21°41'48.9" с.ш., 105°43'01.3" в.д.). Порода сложена незональным основным плагиоклазом, клино- и ортопироксенами. Циркон представлен обломками хорошо ограненных короткопризматических зерен (до 200 мкм). Характерна тонкая ритмичная зональность. В некоторых зернах отмечаются незональные ядра. Установлены высокие содержания U (1300—4800 г/т) и Th (1200—11200 г/т) и устойчивые высокие $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ отношения (0.6—2.6) (табл. 1). Эти данные свидетельствуют, что циркон кристаллизовался из фракционированного базитового расплава. Для всех зерен циркона получены конкордантные изотопные отношения $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (рис. 2). Конкордантный возраст, рассчитанный для всех анализированных зерен, 251 ± 3.4 млн лет (СКВО = 0.36). С учетом состава и морфологии цирконов можно считать, что это значение отвечает времени кристаллизации габбронорита и, следовательно, массив Нуйчуа следует отнести к пермотриасовому этапу магматизма.

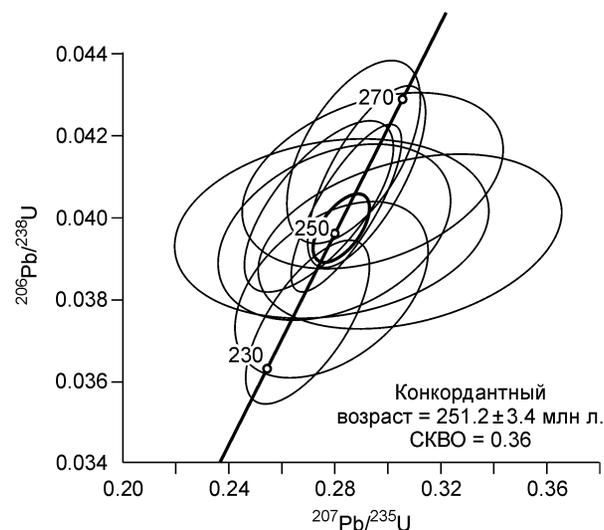
Магматизм зоны Шонгхиен представлен бимодальными вулканоплутоническими ассоциациями: андезит-базальтовой, риодацит-риолитовой, габбро-долеритовой и гранит-гранофировой. Эти образо-

Таблица 1. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (SHRIMP-II) из габбронорита массива Нуйчуа, зона Фунгы

Номер точки	^{206}Pb , %	U, г/т	Th, г/т	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/т	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		Кэф. корреляции
								\pm , %		\pm , %		\pm , %	
1.1.1	3.05	2120	4102	2.00	76.8	258.2 ± 5.5	0.0522	6.5	0.2940	6.8	0.0409	2.2	0.319
1.1.2	0.34	2085	1278	0.63	67.3	237.0 ± 5	0.0523	2.8	0.2702	3.5	0.0374	2.2	0.612
1.3.1	0.30	3174	3436	1.12	111.8	258.2 ± 5.4	0.0519	2.2	0.2924	3.1	0.0409	2.1	0.694
1.4.1	2.63	1459	1749	1.24	51.2	251.3 ± 5.5	0.0509	8.5	0.2792	8.8	0.0397	2.2	0.253
1.5.1	0.57	1784	1586	0.92	58.9	241.8 ± 5.1	0.0528	5.0	0.2782	5.4	0.0382	2.2	0.400
1.6.1	0.70	2446	5239	2.21	88.0	262.7 ± 5.5	0.0500	3.0	0.2868	3.7	0.0416	2.1	0.578
1.7.1	0.45	4523	11239	2.57	156.8	253.9 ± 5.3	0.0514	2.1	0.2845	3.0	0.0402	2.1	0.719
1.8.1	2.58	3905	2923	0.77	135.7	249.1 ± 5.3	0.0569	7.2	0.3091	7.5	0.0394	2.2	0.289
1.9.1	0.87	1399	1884	1.39	48.0	250.5 ± 5.5	0.0512	6.0	0.2794	6.4	0.0396	2.2	0.349
1.10.1	1.01	4804	6766	1.46	167.1	253.3 ± 5.3	0.0502	3.9	0.2775	4.4	0.0401	2.1	0.480

вания тесно связаны между собой в пространстве и во времени. С габбро-долеритами ассоциируют интрузивы ультраосновного и основного составов — пикриты, лерцолиты, верлиты и габбронориты. В ранних работах, ультрамафиты были первоначально объединены вместе с габбро-долеритами в единый пикрит-долеритовый комплекс Каобанг [Довжиков и др., 1965; Tran Van Tri et al., 1977; Поляков и др., 1999]. В последнее время на основании минералого-геохимической и металлогенической специализации, мафитовые и ультрамафитовые интрузивы предлагается рассматривать как самостоятельные комплексы [Tran Trong Hoa et al., 2005], однако их возрастные соотношения остаются невыясненными. Для решения этого вопроса нами отобраны пробы габбро-долерита и плагиолерцолита из массива Суойкун, с которым связана Cu-Ni-ЭПГ минерализация (см. рис. 1) [Балыкин и др., 2006; Glotov et al., 2004]. Пробы взяты из коренных обнажений по новой объездной дороге к северу от г. Каобанг. Кроме того, исследована проба риолита из разреза туфопесчаников и кислых эффузивов, перекрывающих этот массив к востоку от провинциального центра Каобанг.

Плагиолерцолит (пр. АН-2419; координаты $22^{\circ}41'22.8''$ с.ш., $106^{\circ}15'50.2''$ в.д.) представляет собой среднезернистую породу с идиоморфным кумулятивным оливином, клино- и ортопироксенами. Интерстициальный парагенезис представлен основным незональным плагиоклазом и флогопитом. Характерна обильная сульфидная вкрапленность. В этой пробе диагностируются три группы цирконов. Окатанные детритовые цирконы с осцилярной зональностью. Ядерная незональная часть таких зерен располагается выше конкордии вблизи 2900 млн лет (рис. 3, а). Зональная часть этого зерна располагается на конкордии вблизи 1600 млн лет. Одно незональное окатанное зерно отвечает конкордантному значению около 1000 млн лет. Вокруг него наблюдается тонкая кайма вновь образованного циркона. Большая группа зерен соответствует раннему палеозою (480—460 млн лет, см. рис. 3, б). В этой группе встречаются как окатанные зерна, так и хорошо ограниченные, имеющие магматическую зональность. При этом отмечаются



ядра с повышенными U/Th отношениями 0.22 (484 млн лет) (табл. 2). Краевые части сложены незональным или слабозональным цирконом с низкими U/Th отношениями <0.07 (469 млн лет). Несмотря на то что эта группа цирконов гетерогенна, все значения конкордантны и отвечают ордовикскому рубежу эндогенной активности, который зафиксирован на выступе Шонгчай [Пономарева и др., 1997; Maluski et al., 2001]. Только одно мелкое зерно циркона с магматической зональностью отвечает пермскому рубежу (262 млн лет). Это значение можно принять за нижнюю границу времени формирования лерцолитов массива Суойкун. В то же

Рис. 2. Диаграмма с конкордией для цирконов из габбронорита массива Нуйчуа, зона Фунгы (пр. АН-2437-1).

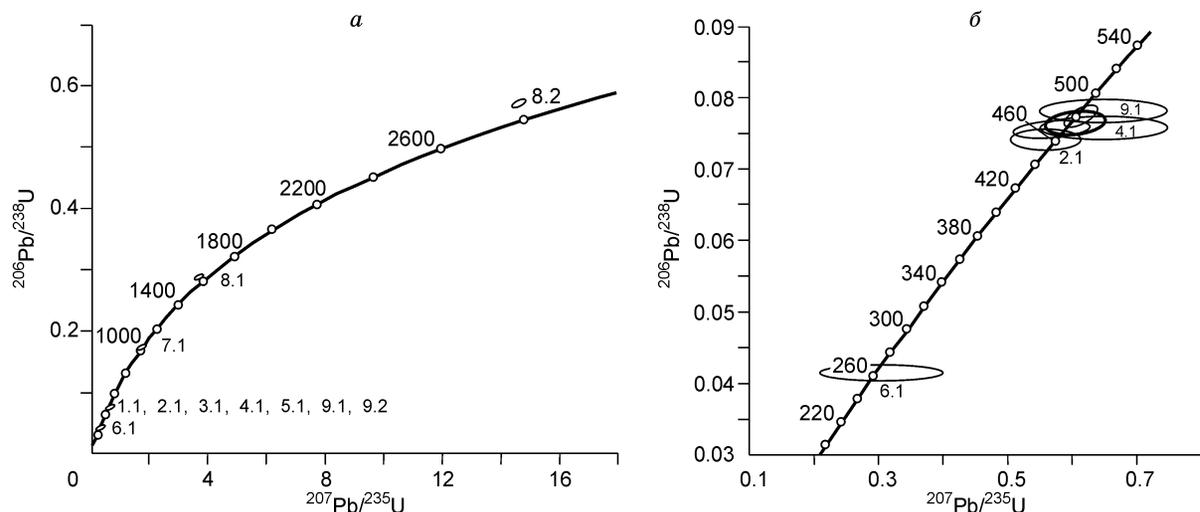


Рис. 3. Диаграммы с конкордией для цирконов из плагиолерцолита массива Суойкун, зона Шонгхиен (пр. АН-2419): а — для всех зерен, б — для палеозойских.

время широкое присутствие разновозрастного ксеногенного циркона свидетельствует о контаминации расплава коровым материалом.

Для габбро-долеритов (пр. АН-2418-2, координаты 22°41'20.4" с.ш., 106°15'50.2" в.д.) также выделяются три группы зерен циркона. К первой группе отнесены детритовые зерна циркона с незональными ядрами, которые окружены зональным цирконом (2.3.1 — 2200 млн лет), и фрагменты зонального циркона (2.8.1 — 938 млн лет) (рис. 4, а). Другая группа, как и в лерцолитах, отвечает крупным оплавленным короткопризматическим кристаллам с незональными ядрами и хорошо выраженной зональностью. Вокруг этих зерен наблюдаются тонкие каймы с высокой люминесценцией. По этим цирконам получены конкордантные палеозойские значения изотопного возраста (табл. 3). Третья группа зерен представлена мелкими хорошо ограниченными призматическими кристаллами с отчетливой зональностью. Рассчитанные по трем зернам (1.1, 2.1, 6.1) конкордантные значения изотопного возраста соответствуют перми (266 ± ± 3.7 млн лет, СКВО = 0.045) (см. рис. 4, б). Именно это значение можно принять за время кристаллизации габбро-долеритов массива Суойкун. Таким образом, так же как и для лерцолитов, в этом случае предпола-

Таблица 2. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (SHRIMP- II) из плагиолерцолита массива Суойкун, зона Шонгхиен

Номер точки	²⁰⁶ Pb, %	U, г/г	Th, г/г	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb, г/г	Возраст по изотопным отношениям		Дискордантность, %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U		Кэф. корреляции
						²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		± %	± %	± %	± %	± %	± %			
1.1	0.19	594	297	0.52	38.8	471.2 ± 2.6	459 ± 65	-3	13.188	0.58	0.0562	2.9	0.587	3	0.07583	0.58	0.195
2.1	0.91	489	57	0.12	31.1	455.9 ± 3	387 ± 110	-15	13.644	0.68	0.0544	4.7	0.55	4.8	0.07328	0.68	0.142
3.1	0.00	755	147	0.20	50.3	481 ± 3.9	510 ± 31	6	12.91	0.85	0.05747	1.4	0.6139	1.6	0.07747	0.85	0.522
4.1	3.68	568	93	0.17	38.3	469.4 ± 3.6	619 ± 170	32	13.23	0.79	0.0605	7.8	0.629	7.9	0.07553	0.79	0.101
5.1	0.37	1580	63	0.04	101	462.1 ± 1.9	416 ± 45	-10	13.454	0.42	0.0551	2	0.565	2	0.07432	0.42	0.204
6.1	1.58	405	143	0.36	14.7	262.3 ± 2.7	323 ± 290	23	24.08	1	0.0529	13	0.303	13	0.04153	1	0.082
7.1	0.00	334	21	0.07	49.7	1031.8 ± 6.6	1017 ± 42	-1	5.762	0.7	0.0731	2.1	1.749	2.2	0.1736	0.7	0.316
8.1	0.00	495	7	0.01	121	1615.1 ± 7.7	1502 ± 21	-7	3.513	0.54	0.0937	1.1	3.679	1.2	0.2847	0.54	0.432
8.2	0.00	795	942	1.22	389	2908.7 ± 9.9	2706 ± 6.8	-7	1.7539	0.42	0.18588	0.41	14.614	0.59	0.5702	0.42	0.717
9.1	0.72	360	107	0.31	24.4	484.9 ± 3.7	611 ± 130	26	12.8	0.79	0.0602	6.2	0.649	6.3	0.07813	0.79	0.126
9.2	0.02	1946	93	0.05	126	469.7 ± 2	469 ± 21	0	13.232	0.44	0.05642	0.97	0.5879	1.1	0.07558	0.44	0.417

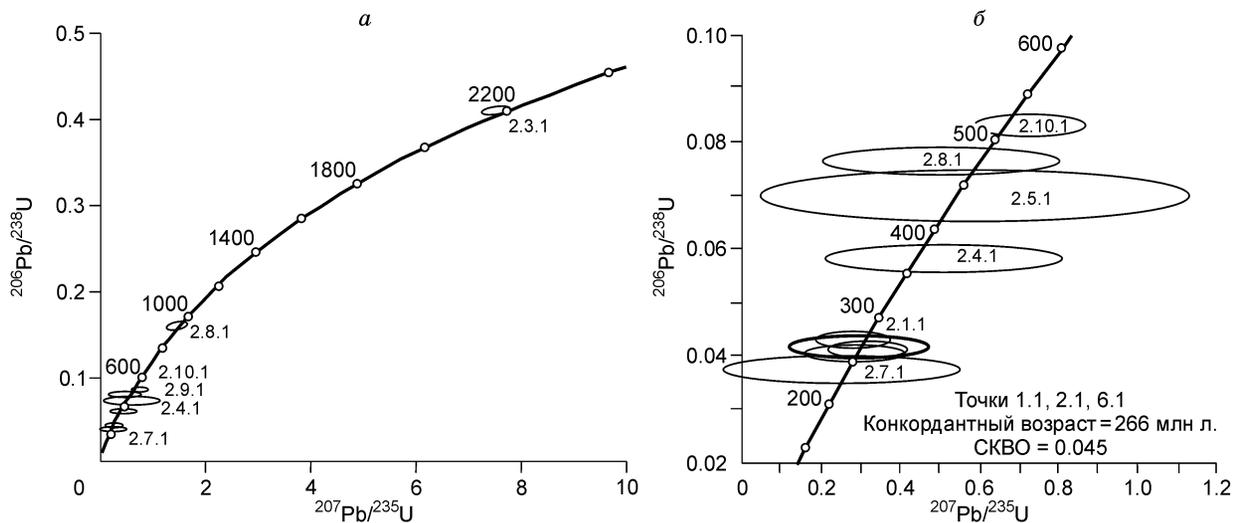


Рис. 4. Диаграммы с конкордией для цирконов из габбро-долерита массива Суойкун зона Шонгхиен (пр. АН-2418-2): а — для всех зерен, б — для палеозойских.

гается значительная контаминация исходного расплава коровым материалом. Полученные оценки времени кристаллизации долеритов и лерцолитов оказываются близкими (в пределах ошибки) и отвечают времени формирования траппов Эмейшань (260 млн лет) [Lo et al., 2002; Saunders et al., 2007].

В риолитах выделены зерна циркона только одного призматического типа (пр. АН-8003). Для них характерно наличие ядер, окруженных ритмично-зональным цирконом. В краевых частях зерен содержания U (200—500 г/т), Th (50—130 г/т) довольно однородны. $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ отношения варьируют в узком диапазоне (0.2—0.3) (табл. 4). Конкордантный изотопный возраст, рассчитанный для всех измеренных зерен, отвечает 248 ± 4.5 млн лет (СКВО = 0.054), что соответствует раннему триасу (рис. 5).

Высокоглиноземистые граниты комплекса Пиабюк. U-Pb датирование высокоглиноземистых гранитов комплекса Пиабюк выполнено по кордиеритовому граниту из массива Кимбой (пр. НВ-06-01, координаты $20^{\circ}41'15.6''$ с.ш., $105^{\circ}30'35.3''$ в.д.), который расположен в юго-восточной части зоны Шонгда к югу от сдвиговой системы Айлaoшань—Шонгхонг (см. рис. 1). Характерны крупные короткопризматические зерна или обломки ритмично-зонального циркона. Содержания U варьируют от 160 до 1700 г/т и Th от 70 до 1000 г/т, при этом $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ отношения варьируют в узком диапазоне 0.45—0.7 (табл. 5). Конкордантный изотопный возраст, рассчитанный для всех анализированных зерен, отвечает раннему

Таблица 3. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (SHRIMP- II) из габбродолерита массива Суойкун, зона Шонгхиен

Номер точки	^{206}Pb , %	U, г/т	Th, г/т	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/т	Возраст по изотопным отношениям		Дискордантность, %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$		Коэф. корреляции
						$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		± %	± %	± %	± %			
2.1.1	1.29	374	95	0.26	14.1	273.9 ± 3.1	39 ± 330	-86	0.0572	2.8	0.28	14	0.0434	1.2	0.08
2.2.1	5.52	530	138	0.27	19.8	260.0 ± 3.5	205 ± 430	-21	0.0946	1.8	0.285	19	0.04115	1.4	0.07
2.3.1	0.72	293	86	0.30	103	2200.0 ± 12	2151 ± 23	-2	0.1405	0.86	7.52	1.5	0.4068	0.66	0.45
2.4.1	2.56	393	240	0.63	20.3	367.9 ± 6.7	674 ± 520	83	0.0825	9.1	0.5	24	0.0587	1.9	0.08
2.5.1	6.37	92	21	0.24	5.91	438.0 ± 12	623 ± 810	42	0.112	11	0.59	38	0.0703	2.8	0.08
2.6.1	3.45	525	478	0.94	19.5	263.7 ± 3	436 ± 300	65	0.0832	4.8	0.32	14	0.04176	1.2	0.09
2.7.1	7.50	176	71	0.42	6.17	239.3 ± 6.4	100 ± 1100	-59	0.108	12	0.25	48	0.0378	2.7	0.06
2.8.1	0.77	205	177	0.89	27.8	938.2 ± 8.9	885 ± 100	-6	0.075	3.2	1.48	5.1	0.1567	1	0.20
2.9.1	4.19	171	151	0.91	11.8	476.7 ± 6.4	64 ± 580	-87	0.0817	9.5	0.5	24	0.0768	1.4	0.06
2.10.1	1.11	277	27	0.10	20.1	516.4 ± 5	717 ± 170	39	0.0722	5.5	0.728	8	0.0834	1	0.13

Таблица 4. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (SHRIMP- II) из риолита из района Каобанг, зона Шонгхиен

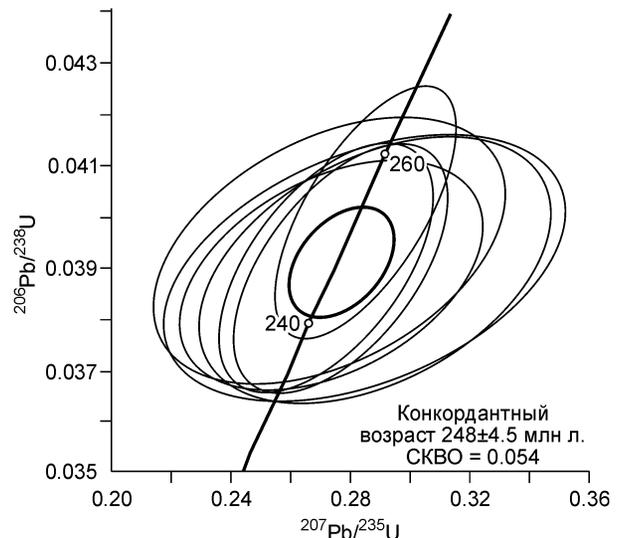
Номер точки	^{206}Pb , %	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/г	Возраст по изотопным отношениям		Дискордантность, %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		Коеф. корреляции
						$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			± %		± %		± %	
5.1	1.08	248	50	0.21	8.3	244.7 ± 6.4	233 ± 180	-5	0.0594	2.3	0.271	8	0.0387	2.7	0.331
6.2	0.50	384	99	0.27	12.9	245.1 ± 6.3	282 ± 130	15	0.0559	2.3	0.277	6.1	0.0388	2.6	0.427
7.1	0.68	332	93	0.29	11.2	246.0 ± 6.3	210 ± 130	-15	0.0558	2.3	0.27	6.1	0.0389	2.6	0.430
4.1	1.54	324	79	0.25	11.0	246.8 ± 6.4	362 ± 170	47	0.0661	1.9	0.289	8.1	0.039	2.6	0.325
3.2	0.56	419	105	0.26	14.1	247.1 ± 6.3	261 ± 100	6	0.0559	1.8	0.277	5.2	0.0391	2.6	0.497
1.1	0.59	359	85	0.24	12.2	247.9 ± 6.4	211 ± 170	-15	0.0551	2.4	0.272	7.7	0.0392	2.6	0.344
8.1	0.50	316	84	0.28	10.7	248.2 ± 6.5	228 ± 190	-8	0.0547	2.2	0.274	8.6	0.0392	2.7	0.307
2.1	0.57	553	131	0.24	19.1	252.8 ± 6.4	268 ± 79	6	0.0562	1.6	0.285	4.3	0.04	2.6	0.598
6.1	0.45	204	153	0.78	24.9	854.0 ± 21	856 ± 60	0	0.07128	1.2	1.32	3.9	0.1417	2.6	0.669
3.1	0.25	436	160	0.38	60.3	960.0 ± 23	1485 ± 21	55	0.09489	0.86	2.055	2.8	0.1605	2.6	0.916

Таблица 5. Результаты U-Pb изотопных исследований единичных зерен циркона (SHRIMP- II) из кордиеритового гранита массива Кимбой

Номер точки	^{206}Pb , %	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/г	Возраст по изотопным отношениям		Дискордантность, %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		Коеф. корреляции
						$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			± %		± %		± %	
1.1.1	2.70	330	144	0.45	11.2	243.1 ± 4.1	-271 ± 670	-211	0.0631	6.1	0.219	26	0.03843	1.7	0.064
1.2.1	3.21	343	152	0.46	11.7	242.5 ± 3.3	-24 ± 550	-110	0.0715	11	0.241	23	0.03833	1.4	0.061
1.3.1	1.46	544	368	0.70	18.2	242.9 ± 2.7	297 ± 290	22	0.0639	5.5	0.277	13	0.0384	1.1	0.091
1.4.1	6.42	1701	1018	0.62	55	223.4 ± 1.9	192 ± 270	-14	0.1014	2.6	0.243	12	0.03526	0.85	0.072
1.5.1	5.08	272	156	0.59	9.38	241.3 ± 4.5	-330 ± 1000	-236	0.082	13	0.212	40	0.03814	1.9	0.048
1.6.1	2.62	349	182	0.54	12	246.6 ± 3.8	-17 ± 470	-107	0.0668	3.5	0.246	20	0.03899	1.6	0.080
1.7.1	2.37	744	404	0.56	24.9	240.8 ± 2.4	275 ± 290	14	0.0707	5.8	0.272	13	0.03806	1	0.080
1.8.1	5.24	162	71	0.45	5.56	239 ± 7.1	5 ± 1100	-98	0.0883	6.2	0.24	47	0.0378	3	0.065
1.9.1	1.10	530	572	1.11	17.6	241.2 ± 2.4	512 ± 220	112	0.0662	6.7	0.302	10	0.03813	1	0.104
1.10.1	2.76	349	237	0.70	11.9	244.4 ± 3.4	4 ± 450	-99	0.0684	7.2	0.246	19	0.03864	1.4	0.077

триасу (242.4 ± 2.2 млн лет, СКВО = 0.035) (рис. 6). В зоне Логам проведено $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ датирование по биотиту гранатсодержащих гранитов того же комплекса из восточной части массива Банфук (пр. Н-1531/1: $22^\circ 15' 16.8''$ с.ш., $105^\circ 40' 25.5''$ в.д.), где они прорывают щелочные габброиды. Полученный возрастной спектр характеризуется хорошо выраженным плато с рассчитанными значениями $T = 250.5 \pm 1$ млн лет (рис. 7). Эти данные позволяют считать, что время становления высокоглиноземистых гранитов комплекса Пиабик также отвечало пермотриасовому рубежу. В пределах

Рис. 5. Диаграмма с конкордией для цирконов из риолитов к востоку от массива Суойкун, зона Шонгхиен (пр. АН-8003).



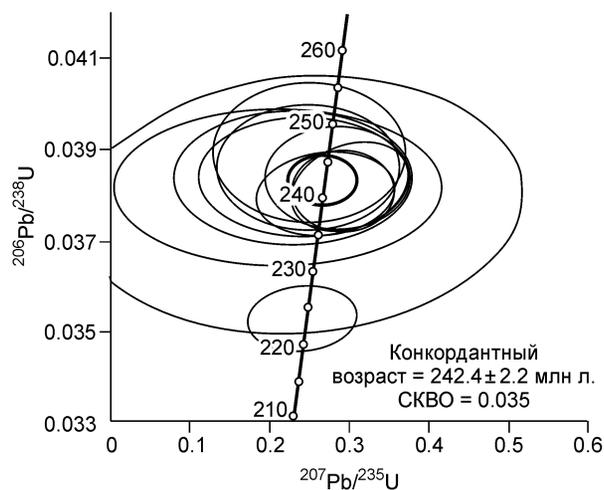


Рис. 6. Диаграмма с конкордией для цирконов из кордьеритовых гранитов массива Кимбой зона Шонгда (пр. НВ-06-01).

ошибки оно совпадает с габброидным комплексом Нуйчуа в зоне Фунгы и щелочными габброидами в зоне Логам. Тем не менее, по геологическим данным, внедрение габброидов в обеих зонах происходило несколько раньше гранитоидов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Магнитостратиграфические и геологические данные свидетельствуют, что основной объем траппов Эмейшань сформировался за 1—2 млн лет в

пермское время (260 ± 1 млн лет) [Zhong et al., 2007]. Этому же времени отвечает формирование ультрамафит-мафитовых интрузивов района Панчихуа в центральной части Эмейшаньской крупной изверженной провинции (массив Байма — 262 ± 2 млн лет [Zhou et al., 2005]; массив Хонгги — 259 ± 1.3 млн лет [Zhong, Zhu, 2006]). Синхронно с ними здесь же внедрялись граниты А-типа (261 ± 4 млн лет) [Zhong et al., 2007]. Отмечаются несогласные залежания триасовых осадочных и вулканогенно-осадочных отложений на базальтах, что является результатом подъема литосферы в центральной части Эмейшаньской крупной изверженной провинции и эрозии траппов [Saunders et al., 2007]. В то же время формирование сиенитов и I-типа гранитов в центральной части этой провинции отвечает пермотриасовому этапу (251 млн лет [Lo et al., 2002; Zhong et al., 2007]).

Обзор имеющихся литературных данных и полученные нами новые геохронологические датировки по магматическим комплексам Северного Вьетнама позволяют предполагать два этапа эндогенной активности в связи с Эмейшаньским плюмом: пермский (260 млн лет) и пермотриасовый (250 млн лет).

Относительно более раннему — пермскому (260 млн лет) этапу отвечают вулканоплутонические ассоциации зоны Шонгда [Балыкин и др., 2001; Glotov et al., 2001], габбродолериты и пикриты зоны Шонгхиен. Результаты детальных минералого-геохимических исследований зоны Шонгда [Поляков и др., 1991, 1999; Tran Trong Hoa et al., 1998, 2004] позволили выделить среди них: низкотитанистые коматиит-базальтовые ассоциации ареалов Намуой и Тахоа центральной части структуры и андезит-базальтовый (Камтхуой, Шонла), пикрит-андезит-базальтовый (Намсо), трахидацит-трахиандезит-трахибазальтовый (Намуой) и риолит-базальтовый (Вьеннам, Кимбой) комплексы высокотитанистой серии, развитые в ее бортовых частях.

Для высокотитанистых ассоциаций установлены ареалы с различными геохимическими характеристиками: 1) северо-западный ареал (Шонла, Намсо, Намуой) представлен высокотитанистыми пикрит-андезит-базальтовыми, андезит-базальтовыми и трахидацит-трахиандезит-трахибазальтовыми ассоциациями с повышенным содержанием щелочей, РЗЭ, Nb, Ta, Zr; 2) юго-восточный ареал, в котором проявились высокотитанистые андезит-базальтовые и риолит-базальтовые ассоциации, деплетированные Nb, Ta и Zr (Камтхуой, Кимбой, Вьеннам, Шуойчат). Пермский возраст коматиитового базальта определяется полевыми наблюдениями [Поляков и др., 1999] и изотопными датированиями — 257 млн лет [Tran Trong Hoa, 1996; Поляков и др., 1999] и 270 ± 15 млн лет [Hanski et al., 2004]. Близкий Rb-Sr возраст (256 млн лет) имеют сопряженные с высокотитанистыми базальтами дациты [Hoang Huu Thanh et al., 2004].

Ультрамафит-мафитовые породы коматиит-базальтовой ассоциации зоны Шонгда характеризуются высокими концентрациями Mg, Al, Ni, Co, Cu, Cr, ЭПГ и низкими Ti, Fe, Na, K, Rb, Ba, Sr, Nb, Ta, Nd, Hf, Zr и REE. Их LILE, HFSE и РЗЭ концентрации показывают слабую дифференциацию. Изотопные исследова-

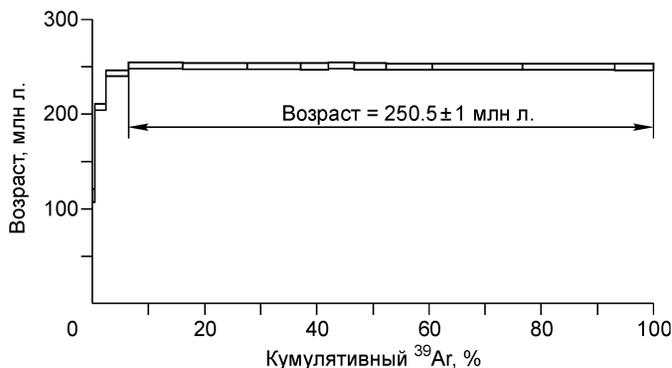


Рис. 7. ^{39}Ar - ^{40}Ar возрастной спектр для биотита из гранатосодержащего гранита массива Банфук, зона Логам (пр. Н-1531/1).

дования ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70348$, Nd ($\epsilon_{\text{Nd}} = +8$)) [Tran Trong Hoa et al., 1996; Чан Чонг Хоа, 2007] свидетельствуют, что исходным субстратом при их генерации была деплетированная подлитосферная мантия, обогащенная платиновыми металлами и имеющая хондритовые $^{188}\text{Os}/^{187}\text{Os}$ отношения ($\gamma_{\text{Os}} = +0.02$) [Hanski et al., 2004; Изох и др., 2005]. Эти породы сопоставляются с низкотитанистыми базальтами и пикритами, развитыми в восточной части Эмейшаньской провинции [Чжу Бин-Цюань и др., 2005]. Высокотитанистые базальты и пикриты ($\text{TiO}_2 = 2.1\text{—}3.5\%$) характеризуются повышенной щелочностью и повышенными концентрациями P, Rb, Sr, Nb, Ta, Zr, Th, U и PЗЭ. Их образование связывается с двумя различными источниками: обогащенной и литосферной мантией. Изотопные Sr-Nd-Pb исследования показывают, что первичные отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в высокотитанистых базальтах и риодацитах в районах Дойбу и Шуойчат колеблются в пределах $0.706\text{—}0.709$; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.5119\text{—}0.5124$; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.32\text{—}23.5$, что свидетельствует о контаминации мантийных расплавов коровым материалом [Nguyen Hoang et al., 2004]. По своим изотопным и геохимическим характеристикам они подобны высокотитанистым базальтам провинции Эмейшань.

Ранний пермский этап магматизма в зоне Шонгхиен, как показали наши исследования, представлен габбро-долеритами и дифференцированными лерцолитами комплекса Каобанг (массив Суойкун). Ранее полученные Rb-Sr и Ar-Ag геохронологические данные для лерцолитов (264—255 млн лет) и базальтов (266—244 млн лет) неоднозначны [Чан Чонг Хоа, 2007]. Полученные новые U-Pb геохронологические датировки по габбро-долеритам свидетельствуют, что время их формирования соответствует пермскому этапу (266 ± 3.7 млн лет). Для лерцолитов только одно зерно циркона с магматической зональностью отвечает пермскому рубежу (262 млн лет). Это значение можно принять за нижнюю границу времени формирования лерцолитов массива Суойкун. Геологические наблюдения не позволяют принимать раннепалеозойский возраст долеритов, поскольку в массиве Лунг-Луонг установлены их интрузивные контакты с известняками карбон-пермского возраста [Довжиков и др., 1965]. Карбонатные отложения этого этапа слагают единый чехол платформы Янцзы [Sanders et al., 2007]. Данные о времени формирования габбро-долеритов и лерцолитов находятся в пределах возможной ошибки и свидетельствуют об их одновременности. Широкое присутствие разновозрастного ксеногенного циркона как в лерцолитах, так и в габбро-долеритах свидетельствует о значительной контаминации расплавов коровым материалом.

Проведенные исследования в зоне Шонгхиен выявили также ареалы развития геохимически различных базальтов по титанистости и обогащенности Nb, Ta и PЗЭ. Преобладают базальты и сопряженные с ними габбро-долериты, которые относятся к высокожелезистому, умеренно-глиноземистому типу. Для них установлены обогащенность K, Rb, U, Zr, LREE, деплетированность Nb, Ta, иногда Ti. По поведению петрогенных, редких и редкоземельных элементов, базальты структуры Шонгхиен сходны с мафитами зоны Шонгда, а также с траппами Эмейшань, отличаясь наличием минимумов по Eu, что, вероятно, связано с контаминацией расплавов коровым материалом. Последнее подтверждается повышенными отношениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.70649). Для пикритов и лерцолитов характерны минеральные парагенезисы: оливин + ортопироксен + клинопироксен + флогопит + хромшпинель + ильменит + сульфиды. Они характеризуются высокой магнезиальностью, низкой титанистостью и повышенными содержаниями Rb, Th, U, легких PЗЭ и деплетированностью Nb, Ta и Sr. Для них также свойственны Eu-минимумы и высокое $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношение (0.7069). Изотопно-геохимические и минералогические их особенности являются признаками контаминации мантийной магмы коровым материалом, происшедшей как на уровне выплавки расплава, так и в промежуточных камерах.

Таким образом, для раннепермского этапа характерно широкое развитие базальтов, пикритов и их дифференциатов, геохимические и изотопно-геохимические характеристики которых свидетельствуют о гетерогенности мантийных источников, участвовавших в магмообразовании, и разной степенью контаминированности исходных расплавов коровым материалом.

Второй пермотриасовый этап фиксируется проявлениями бимодальной базальт-риолитовой ассоциации в зоне Шонгхиен. Полученный нами изотопный U-Pb возраст для цирконов из риолитов в районе массива Суойкун (248 ± 4.5 млн лет) соответствует раннему триасу. Эти данные согласуются с геологическими наблюдениями о перекрытии габброидов этого интрузива вулканогенно-осадочной толщей, включающей риолиты. Кислые вулканиды этой толщи отвечают по составу высококалийевым риодацитам и риолитам, а субвулканические образования — гранит-порфирам, характеризующимся повышенными содержаниями Rb, Th, U, PЗЭ и пониженными — Nb, Ta, для них также характерно „коровое“ отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7231).

Пермотриасовые магматические комплексы, кроме того, широко проявились в структурах, обрамляющих сводовое поднятие Шонгчай (зоны Логам и Фунгы). Здесь картируются габбро-сиенитовые интрузивы. В ранних работах габброиды этой ассоциации обычно относились к перидотит-габбровому комплексу Нуйчуа позднепермского возраста, а сиенитоиды — к щелочному среднепалеозойскому комплексу Пиама либо палеогеновым интрузиям комплекса Чодон [Довжиков и др., 1965; Tran Van Tri, 1977; Dao Dinh Thuc, Huynh Trung, 1995]. Полученные нами в последнее время новые данные по

минералогии, геохимии и изотопии этих образований позволили объединить их в одну ассоциацию [Tran Trong Hoa et al., 1999], в составе которой выделяются три типа габбро-сиенитовых интрузий: 1) низкотитанистые габбро и сиениты; 2) высокотитанистые—высококалиевые монцогаббро и сиениты; 3) щелочные габбро и нефелиновые сиениты. Интрузивы первого и второго типов преимущественно развиты в районе Лукьен и Тикок, в обрамляющей поднятие Шонгчай структуре Логам. Щелочные габброиды распространены преимущественно в районе Чодон (в области сочленения структур Фунгы и Логам). Пермотриасовый возраст габброидов и сиенитов установлен на основании геологических данных и изотопного датирования. Повсеместно габброиды и сиениты прорывают ордовик-силурские и девонские отложения [Tran Van Tri, 1977; Dao Dinh Thuc-Huynh Trung, 1995; Nguyen Trung Chi, 2003], а щелочные габброиды массива Банфук прорываются пермскими биотитовыми гранитами, Ar-Ar возраст которых по биотиту составляет 250.5 ± 1 млн лет (рис. 7). Граниты, в свою очередь, интродированы нефелинсодержащими сиенитами с Rb-Sr возрастом 230 млн лет [Nguyen Trung Chi, 2003]. Rb-Sr и Ar-Ar изотопные датировки низкотитанистого пироксен-амфиболового габбро в районе Лукьен составляют 247 и 243 млн лет [Чан Чонг Хоа, 2007].

Габброиды и сиениты данной ассоциации обогащены K, Rb, Th, U, PЗЭ и обеднены Nb, Ta и Zr. Устанавливаются повышенные отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для габброидов (0.71014—0.71502) и для сиенитов (0.71023—0.71913), относительно низкие значения ε_{Nd} ($T = 250$ млн лет) в габброидах (от 3.58 до -6.45) и сиенитах (от 5.19 до -8.51), что указывает на вероятную контаминацию исходного расплава коровым материалом. С другой стороны, близкие значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\varepsilon_{\text{Nd}}(T)$ в габброидах и сиенитоидах подчеркивают общность их источников.

Пермотриасовому возрасту отвечает, как показали наши исследования, расслоенный перидотит-габбровый массив Нуйчуа в зоне Фунгы. Полученный конкордантный U-Pb возраст по циркону из габбронорита этого массива 251 ± 3.4 млн лет. Возраст гранатсодержащих биотитовых гранитов массива Тамтао и кордиеритовых гранитов массива Кимбой, комплекса Пиабиок, объединяющихся с габброидами в одну серию, также отвечает пермотриасовому рубежу (250.5 ± 1 и 242 ± 2 млн лет соответственно). Таким образом, проведенные нами геохронологические исследования показали, что габбро-гранитная серия Пиабиок (включающая комплекс Нуйчуа и высокоглиноземистые граниты комплекса Пиабиок), которая считалась ранее позднетриасовой, отвечает пермотриасовому рубежу.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПЕРМОТРИАСОВОГО ЭТАПА

С различными этапами формирования Эмейшаньского плюма в Северном Вьетнаме связаны три последовательно формировавшихся рудных комплекса: 1) магматогенный платинометалльно-медно-никелевый и железотитановый; 2) золотосульфидный; 3) оловосульфидный (табл. 6). Пермский (260 млн лет) представлен Cu-Ni-(Pt) магматическим оруденением в мафит-ультрамафитовых интрузивах рифтогенных зон Шонгда и Шонгхиен (массивы Банфук, Суойкун) [Поляков и др., 1999; Glotov et al., 2001, 2004; Tran Trong Hoa et al., 2005; Балыкин и др., 2006].

Золотосульфидный рудный комплекс представлен золотосульфидным (золотоарсенопиритовый тип), золотосурьмяным, золотосурьмяно-ртутным и сурьмяно-ртутным оруденением, широко развитым в рифтогенных зонах Шонгхиен и Шонгда, а также в палеозойских структурах Логам и Куангнинь (рис. 8). В контурах этих структур оруденение локализуется в виде рудных узлов Лангвай, Лангнео, Нгуенбинь, Локшоа, Кхечим и др., их характерной особенностью являются: геохимическая общность оруденения (Au, Sb, As, Hg) и его зональное размещение $\text{Au-As} \rightarrow \text{Au-Sb} \rightarrow \text{Au-Sb-Hg} \rightarrow \text{Hg}$, а также наличие взаимопереходов между разными типами Au-As и Au-Sb, Au-Sb и Sb-Hg. По данным Ar-Ar датирования, возраст этого рудного комплекса 252—228 млн лет. Оно пространственно ассоциируется с бимодальными вулканоплутоническими (базальт-риолитовыми, риолит-базальтовыми, гранит-порфиоровыми) комплексами, а также с габбро-сиенитовыми малыми интрузиями пермотриасового этапа.

Более поздним является оловосульфидный рудный комплекс, включающий касситерит-силикатно-сульфидную, серебро-свинцово-цинковую и барит-полиметаллическую рудные формации. Этот рудный комплекс с той или иной полнотой проявлен в ряде рудных узлов, в контурах которых устанавливается зональное размещение оруденения $\text{Sn-W}(\pm\text{Bi}) \rightarrow \text{Pb-Zn}(\text{Ag}) \rightarrow \text{Ba}(\text{Pb, Zn}) \rightarrow \text{Ba}$ (район Тхайнгуен). Такая зональность характерна для рудных узлов Sn-Ag геохимического профиля многих оловорудных провинций мира: Боливия, Верхоянье, Приморье. В Северном Вьетнаме она наиболее отчетливо проявлена в рудном узле Кхуонфай—Тамдао провинции Тхуенкуанг и Тхайнгуен. Это оруденение пространственно ассоциируется с ареалами триасового риодацит-риолитового вулканизма и сопряженными с ним гранодиорит-гранит-порфиоровыми интрузиями комплекса Тамдао-Нуйдиенг, а также с биотитовыми гранитами (251 млн лет) и габбро-сиенитами (247—233 млн лет). Более молодой возраст

Таблица 6. **Металлогения внутриплитного магматизма Северного Вьетнама**

Этап	Рудный комплекс	Рудная формация	Пример месторождения	Магматический комплекс
Пермо-триасовый	Медно-никелевый (Cu-Ni) и титаномагнетитовый (Ti-Fe)	Медно-никелевая (Cu-Ni-PGE))	Ban Phuc (Банфук), Ban Mong (Бан Монг), Suoi Cup (Суойкун), Nui Chua (Нуйчуа)	Коматиит-базальтовый (257—270 млн лет), габронорит-перцолитовый (255—263 млн лет), Нуйчуа перидотит-габбровый (251 млн лет)
		Титаномагнетитовая (Ti-Fe) и магнетит-скарновая (Fe)	Caу Tham (Кайчам), Na Lung (Налунг) и др.	Монцогаббро-трахидолеритовый (перидотит-габбровый P-T), габбро-долеритовый (P-T)
	Золотосульфидный (Au-As-Sb)	Золотосульфидная (Au-As)	Ban Nung (Баннунг), Na Pai (Напай), Lang Neo (Лангнео) и др.	Андезит-базальт-риолитовый, риолит-базальтовый (Шонгда), базальт-риолитовый (Шонгхиен, 264—227 млн лет), монцогаббро-сиенитовый (247—233 млн лет, Логам)
		Золотосурьяная (Au-Sb)	Lang Vai (Лангвай), Dong Mo (Донгмо), Khe Chim (Кхечим), Dong Quang (Донгкуанг, 252 млн лет), Na Vac (Набак) и др.	
	Оловосульфидный (Sn, Pb, Zn, Ag)	Золотосурьяно-ртутная (Au-Sb-Hg)	Mo Ngan (Монган)	
Сурьяно-ртутная (Sb-Hg)		Than Sa (Тханса), An Binh (Анбинь, 230 млн лет), Vang Pouc (Вангпуок) и др.		
Касситерит-силикат-сульфидная (Sn)		Khuon Phay (Кхуонфай), Tam Dao (Тамдао) и др.	Риодацит-риолитовые, гранодиорит-гранит-порфировые, габбро-сиенитовые (247—233 млн лет)	
	Серебросвинцово-цинковая (Pb-Zn-Ag)	Cho Don—Cho Dien (Чодон-Чодиен), Lang Hich (Лангхик)		
	Барит-полиметаллическая (Ba-Pb-Zn)	Lang Cao (Лангкао), Cai Sen (Кайсен)		

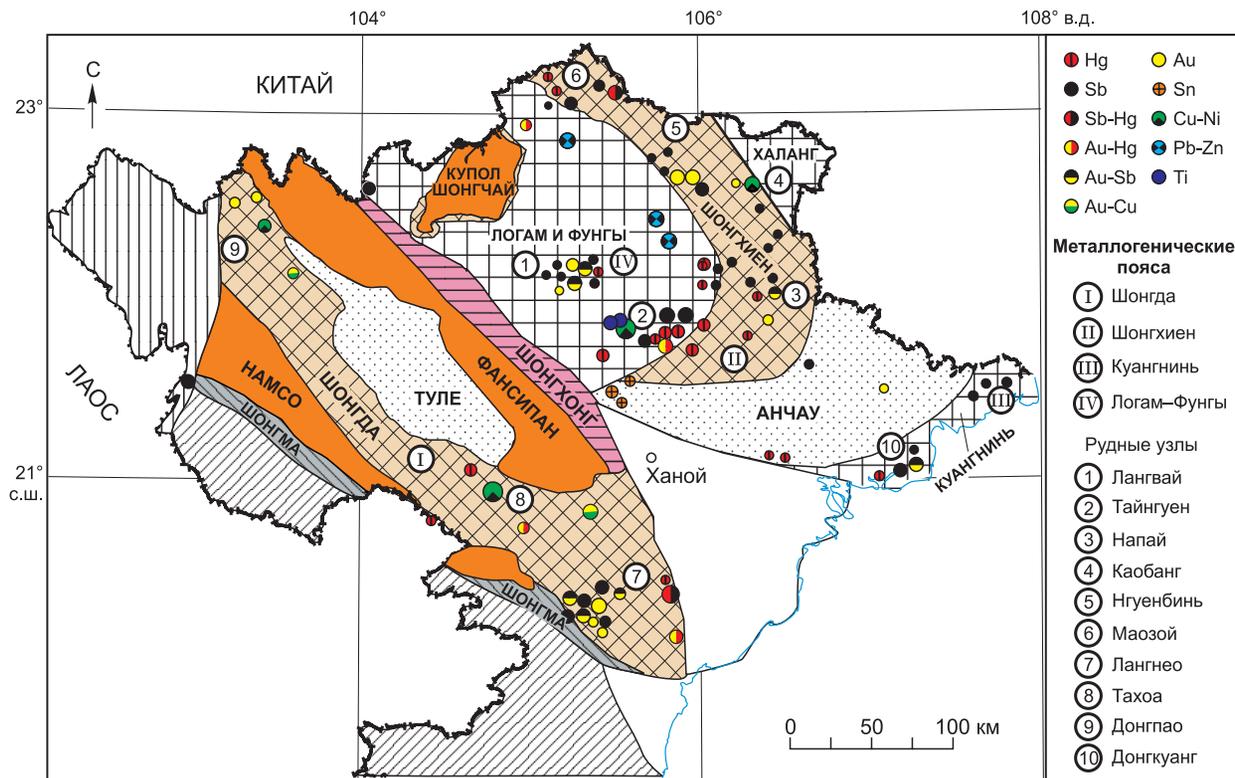


Рис. 8. Схематическая металлогеническая карта Северного Вьетнама для пермотриасового рубежа.

Усл. обозн. см. на рис. 1.

оловосульфидного оруденения по отношению к золотосульфидному, кроме того, определяется наличием сульфидной минерализации (галенит, сфалерит, минералы серебра) с повышенными содержаниями Sn на Au-Sb руды месторождения Лангвай. К этому надо добавить, что в Pb-Zn рудах района Чодон зафиксированы повышенные содержания Sn (до 600 г/т, среднее содержание 220 г/т).

Размещение оруденения пермотриасового этапа контролируется в основном рифтогенными структурами зон Шонгда и Шонгхиен, в связи с чем выделяются два одноименных металлогенических пояса (см. рис. 8). В их контурах располагаются рудные узлы с оловосульфидным оруденением (Кхуонфай), золото-сульфидным (Лангнео, Баннунг), магматическим Cu-Ni-(PGE) и Ti-Fe (Тахоа и Суойкун) оруденением (см. рис. 8). Металлогенический пояс Шонгхиен, протягивающийся от границы с Китаем на северо-западе до провинции Лангшон (Lang Son) на юго-востоке, прерывается в юго-восточной части юрско-меловыми отложениями, перекрывающими пермотриасовые толщи в зоне Шонгда, наряду с Cu-Ni-(PGE) и Au-Sb-Hg оруденением здесь широко развиты Au-Cu типы среди пород андезит-базальтовых и риолит-базальтовых ассоциаций, генетическая связь которых с пермотриасовым магматизмом остается проблематичной.

ВЫВОДЫ

Проявления пермотриасового магматизма Северного Вьетнама представляют собой юго-западный и юго-восточный фланги трапповой провинции Эмейшань, смещенные по крупноамплитудной сдвиговой зоне Айлаошань—Шонгхонг. Рифтогенный Р-Т магматизм проявился как в области сопряжения докембрийского блока Фансипан и зоны Шонгда (на северо-западе), так и в фанерозойских складчатых сооружениях Шонгхиен (на северо-востоке), а также в прилегающих к ним структурах Логам и Фунгы.

Выделяются два этапа магматизма, связанного с Эмейшаньским плюмом. Первый, пермский (260 млн лет), этап проявлен в зонах Шонгда и Шонгхиен и характеризуется широким развитием пикритов в составе коматиит-базальтовых, пикрит-андезит-базальтовых и пикрит-базальт-риолитовых вулканических серий. Петро- и геохимические характеристики пермотриасового ультрамафит-мафитового магматизма определяются эффектами взаимодействия глубинного мантийного плюма с блоками, характеризующимися различным строением литосферы. В рифте Шонгда низко- и высокотитанистые ультрамафит-мафитовые серии формировались из различных источников: плюмового, деплетированной субокеанической литосферы, субконтинентальной литосферной и надсубдукционной мантии. Ультрамафит-мафитовые и щелочно-салические ассоциации рифта Шонгхиен относятся к производным магм, генерированных из литосферной надсубдукционной мантии под воздействием плюма.

Ко второму этапу следует относить габбро-сиенитовую и габбро-монцодиоритовую ассоциации зоны Логам, расслоенные перидотит-габбровые массивы комплекса Нуйчуа, высокоглиноземистые граниты комплекса Пиабик и базальт-риолитовую ассоциацию зоны Шонгхиен.

В связи с Эмейшаньским плюмом в Северном Вьетнаме выделены специфические рудные комплексы и установлена последовательность их формирования; проведено металлогеническое районирование для оруденения этого этапа, выделены рудные пояса Шонгда и Шонгхиен, а внутри них — рудные узлы Au- и Sn-сульфидного профилей; проведена возрастная корреляция рудных и магматических комплексов; установлено широкое развитие разнотипного золотого оруденения и наличие в нем особо перспективных типов (Au-As, Au-Sb-Hg, Au-Cu), связанных с наиболее продуктивными рудно-магматическими системами данного уровня. Высокая перспективность Cu-Ni-(PGE) оруденения Р-Т ультрамафитов и мафитов рифтогенных зон Шонгда и Шонгхиен, а также выявленные новые типы золотого оруденения, в том числе и нетрадиционных для Вьетнама (Au-Sb-Hg), связанных с Р-Т этапом магматизма, позволяют рассматривать территорию Северного Вьетнама как новую крупную металлогеническую провинцию Юго-Восточной Азии, перспективную на данные виды оруденения, связанного с плюмовым магматизмом. Учитывая связь Р-Т магматизма в рифтовых структурах Северного Вьетнама с воздействием плюма, можно ожидать проявления в этой провинции Ni-Co-As и Cu-(Mo)-Au оруденения. Перспективность Au-Cu-(Mo) и Au-Cu оруденения и месторождений порфирирового типа в этой провинции определяется широким развитием в ней триасовых риолитов и субвулканических гранит-порфиров (структура Шонгхиен),

Работа выполнена по поддержке РФФИ (гранты 06-05-64354, 07-05-90009), НШ 2715.2008.5, проекта совместного сотрудничества (рудно-магматические системы, перспективные на PGE, Ti, V, Au), проектов фундаментальных исследований ВАНТ № 708706, 707906 и ИП № 6–11.

ЛИТЕРАТУРА

Балыкин П.А., Поляков Г.В., Петрова Т.Е., Шелепаев Р.А., Чан Чонг Хоа, Нго Тхи Фьонг, Хоанг Хыу Тхань, Чан Куок Хунг. Составы исходных расплавов пермотриасовых и триасово-юрских ультрамафит-мафитовых комплексов Северного Вьетнама // Докл. РАН, 2001, т. 378, № 2, с. 225—229.

Балыкин П.А., Поляков Г.В., Чан Чонг Хоа, Лавренчук А.В., Изох А.Э., Нго Тхи Фыонг, Гло-тов А.И., Хоанг Хыу Тхань, Петрова Т.Е., Васюкова Е.А. Состав и условия формирования поздне-пермского платиноидно-медь-никеленосного лерцолит-габбронорит-долеритового комплекса Каобанг (Северо-Восточный Вьетнам) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (7), с. 825—837.

Добрецов Н.Л. Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): сибирские и эмейшань-ские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 870—890.

Довжиков А.Е., Буй Фу Ми, Василевская Е.Д., Жамойда А.И., Иванов Г.В., Изох Э.П., Ле Динь Хыу, Марейчев А.М., Нгуйен Ван Тиен, Нгуйен Тыонг Три, Тран Дык Лыонг, Фам Ван Куанг, Фам Динь Лонг. Геология Северного Вьетнама. Ханой, Вьетнам, Наука и Техника, 1965, 668 с.

Изох А.Э., Поляков Г.В., Хоа Чан Чонг, Балыкин П.А., Фыонг Нго Тхи. Пермотриасовый ультра-мафит-мафитовый магматизм Северного Вьетнама и Южного Китая как проявление плюмового магма-тизма // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 942—951.

Поляков Г.В., Балыкин П.А., Глотов А.И., Чан Куок Хунг, Нго Тхи Фыонг, Хоанг Хыу Тхань, Буй Ан Ньен. Пермотриасовая ассоциация высокомагнезиальных вулканитов зоны Шонгда (Северо-За-падный Вьетнам) // Геология и геофизика, 1991 (9), с. 3—15.

Поляков Г.В., Балыкин П.А., Петрова Т.Е., Нго Тхи Фыонг, Хоанг Хыу Тхань, Чан Чонг Хоа, Чан Куок Хунг. Латеральная зональность и эволюция пермотриасового вулканизма зоны Шонгда Северо-Западного Вьетнама, реконструкция геодинамических условий его проявления // Докл. РАН, 1995, т. 340, № 1, с. 80—84.

Поляков Г.В., Балыкин П.А., Чан Чонг Хоа, Нго Тхи Фыонг, Хоанг Хыу Тхань, Чан Куок Хеонг, Пономарчук В.А., Лебедев Ю.Н., Киреев А.Д. Эволюция мезозойско-кайнозойского магматизма рифта Шонгда и структур его обрамления (Северо-Западный Вьетнам) // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (6), с. 695—706.

Поляков Г.В., Чан Чонг Хоа, Акимцев В.А., Балыкин П.А., Нго Тхи Фыонг, Хоанг Хыу Тхань, Чан Куок Хунг, Буй Ан Ньен, Толстых Н.Д., Глотов А.И., Петрова Т.Е., Ву Ван Ван. Рудно-гео-химическая специализация пермотриасовых ультрамафит-мафитовых комплексов Северного Вьетнама // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (10), с. 1474—1487.

Поляков Г.В., Изох А.Э., Кривенко А.П. Платиноносные ультрамафит-мафитовые формации под-вижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1227—1241.

Пономарева А.П., Владимиров А.Г., Фан Лыу Ань, Крук Н.Н., Руднев С.Н., Пономарчук В.А., Бибикина Е.В., Журавлев Д.З. Массив высокоглиноземистых гранитов Шонгчай (Северный Вьетнам): обоснование ордовикского возраста, петрогенезис, тектоническая позиция // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (11), с. 1792—1806.

Чан Чонг Хоа. Внутриплитный магматизм Северного Вьетнама и его металлогения: Автореф. дис. ... д. г.-м. н. Новосибирск, 2007. 28 с.

Чжу Бин-Цюань, Ху Яо-Гуо, Чан Сянь-Ян, Се Цзинь, Чжан Чжэн-Вэй. Крупнейшая магматиче-ская провинция Эмейшань: результат плавления примитивной мантии и субдуцированного слэба // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 924—941.

Dao Dinh Thuc-Huynh Trung. Geology of Vietnam. V. II: Magmatic formations. 1995, Pub. House Science & Techn., Hanoi (на вьетнамском языке).

Glotov A.I., Polyakov G.V., Hoa T.T., Balykin P.A., Akimtsev V.A., Krivenko A.P., Tolstykh N.D., Phuong N.T., Thanh H.H., Hung T.Q., Petrova T.E. The Ban Phuc Ni-Cu-PGE deposit related to the Phanerozoic komatiite-basalt association in the Song Da Rift, northwestern Vietnam // Canad. Miner., 2001, v. 39, p. 573—589.

Glotov A.I., Polyakov G.V., Tran Trong Hoa, Ngo Thi Phuong, Izokh A.E., Kovyazin S.V., Baly-kin P.A., Hoang Huu Thanh, Bui An Nien, Pham Thi Dung. The Late Permian Cao Bang PGE-Cu-Ni-bearing complex of the Song Hien structure, Northeastern Viet Nam // J. Geol., Ser. B, 2004, № 23, p. 89—98.

Hanski E., Walker R.J., Huhma H., Polyakov G.V., Balykin P.A., Hoa T.T., Phuong N.T. Origin of the Permian-Triassic komatiites, northwestern Vietnam // Contr. Miner. Petrol., 2004, v. 147, № 4, p. 453—469.

Hoang Huu Thanh, Polyakov G.V., Balykin P.A., Tran Quoc Hung, Ngo Thi Phuong. Island arc nature of the layered intrusions of Núi Chúa Complex in fold belts of North Viet Nam. Evidence from their geochemistry // J. Geol., 2004, Ser. B, № 24, p. 16—28.

Le Duy Bach, Vu Minh Quan, Tran Quoc Hung, Ngo Gia Thang, Hoang Huu Thanh. Ophiolite Song Ma // *J. Sci. Earth*, 1982, № 4, p. 97—106 (на вьетнамском языке).

Lo C.H., Chung S.L., Lee T.Y., Wu G. Age of the Emeishan flood magmatism and relations to Permian-Triassic boundary events // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2002, v. 198, p. 449—458.

Ludwig K.R. A geochronological toolkit for Microsoft Excel User's manual for Isoplot // Ex Version 2/10, Berkeley Geochronology Center Special Publication, 1999, № 1, p. 1—41.

Maluski H., Lepvrier C., Jolivet L., Carter A., Roques D., Beyssac O., Ta Trong Thang, Nguyen Duc Thang, Avigad D. Ar-Ar and fission track ages in the Song Chay Massif: Early Triassic and Cenozoic tectonics in northern Vietnam // *J. Asian Earth Sci.*, 2001, № 19, p. 233—248.

Nguyen Hoang, Nguyen Dac Lu, Nguyen Van Can. Paleozoic volcanic rocks of Song Da zone: Rb-Sr age of Doi Bu region // *J. Geol.*, 2004, Ser. A, № 281, p. 11—17.

Nguyen Trung Chi. Petrology and metallogeny of alkaline formations of North Vietnam. Rep. Proj. Research Institute of Geology and Mineral Resources, 2003, 600 p.

Phan Truong Thi. Indosinian block and Indosinian movement in the Indochina and East Sea in Cenozoic // *Geology, Mineral Resources and Petroleum (Proc. 3th Geol. Conf. Vietnam)*, 1995, p. 137—147.

Saunders A.D., Jones S.M., Morgan L.A., Pierce K.L., Widdowson M., Xu Y.G. Regional uplift associated with continental large igneous provinces: the roles of mantle plumes and the lithosphere // *Chem. Geol.*, 2007, v. 241, № 3—4, p. 282—318.

Tapponnier P., Peltzer G., Le Dain A.Y., Armijo R., Cobbold P. Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiment with plasticine // *Geology*, 1982, v. 10, p. 611—616.

Tong Duy Thanh, Vu Khuc. The Stratigraphy of Vietnam. Pub. House of Hanoi National University, 2005, 504 p.

Tran Trong Hoa. Magmatic activities of Northwestern Truong Son belt in Mesozoic-Cenozoic. Material substances, forming conditions and mineral resource potential // *J. Sci. Earth*, 1996, v. 18(3), p. 218—227.

Tran Trong Hoa, Nguyen Trong Yem, Hoang Huu Thanh, Ngo Thi Phuong, Vu Van Van, Tran Quoc Hung, Bui An Nien, Hoang Viet Hang, Polyakov G.V., Balykin P.A., Panina L.I., Tran Tuan Anh. New studying results of the magnesian-ultrapotassic rocks in Northwestern Vietnam // *J. Sci. Earth*, 1996, v. 18(3), p. 159—170.

Tran Trong Hoa, Hoang Huu Thanh, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Hoang Viet Hang. Permian-Triassic high-titanium basaltoid associations of the Song Da rift. Material composition and geodynamic forming conditions // *J. Geol.*, 1998, Ser. A, № 244, p. 7—15.

Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Phan Luu Anh, Ngo Thi Phuong, Nguyen Van The, Nguyen Duc Thang. Classification and correlation of mafic-ultramafic intrusives of Luc Yen Chau // *Geol. Miner. Res.*, 1999, v. III, p. 103—116.

Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Izokh A.E., Polyakov G.V., Balykin P.A., Ching-Ying Lan, Hoang Huu Thanh, Bui An Nien, Pham Thi Dung. Gabbro-syenite associations of East Bac Bo structures: evidences of intra-plate magmatism? // *J. Geol.*, 2004, Ser. B, № 23, p. 12—25.

Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Pham Thi Dung, Tran Viet Anh. Permian-Triassic magmatism of Vietnam and their potential of associated precious metals (Pt, Au) // *Proceedings of the scientific conference: 60th anniversary of Vietnam Geology*, 2005, v. 10, p. 63—79.

Tran Tuan Anh, Tran Trong Hoa. Permian-Triassic calc-alkaline granitoids on the margin of Truong Son microblock // *Geology*, 1996, Resources, Pub. Sci. & Tech., v. 2, p. 100—108.

Tran Tuan Anh, Tran Trong Hoa, Nguyen Viet Y. Forming conditions (P/T) of granitoid of Dien Bien and Song Ma complexes — NW Vietnam // *J. Sci. Earth*, 2005, v. 27, № 3, p. 213—222 (на вьетнамском языке).

Tran Van Tri, Tran Kim Thach, Truong Cam Bao. Geology of Vietnam (north part). General Department of Geology, Research Institute of Geology and Mineral Resources, 1979, 270 p.

Williams I.S. U-Th-Pb Geochronology by Ion Microprobe / Eds. M.A. McKibben, W.S. Shankes, W.I. Ridley. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes // *Rev. Econ. Geol.*, 1998, № 7, p. 1—35.

Zhong H., Zhu W.-G. Geochronology of layered mafic intrusions from the Pan-Xi area in the Emeishan large igneous province, SW China // *Miner. Depos.*, 2006, № 41, p. 599—606.

Zhong H., Zhu W.-G., Chu Z.-Y., He D.-F., Song X.-Y. Shrimp U-Pb geochronology, geochemistry, and Nd-Sr isotopic study of contrasting granites in the Emeishan large igneous province, SW China // *Chem. Geol.*, 2007, № 236, p. 112—133.

Zhou M.F., Robinson P.T., Lesher C.M., Keays R.R., Zhang C.J., Malpas J. Geochemistry, petrogenesis and metallogenesis of the Panzihua gabbroic layered intrusion and associated Fe-Ti-V oxide deposits, Sichuan province, SW China // *J. Petrol.*, 2005, № 46, p. 2253—2280.

*Поступила в редакцию
25 января 2008 г.*