

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
СЕРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

6

МОСКВА · 1989

УДК 552.333.5 : 550.93 (597.7 + 597.3)

НОВИКОВ В. М., ИВАНЕНКО В. В., КАРПЕНКО М. И.,
КОЛОСКОВ А. В.ВОЗРАСТ МОЛОДОГО ВУЛКАНИЗМА
ЮГО-ВОСТОКА ИНДОКИТАЯ

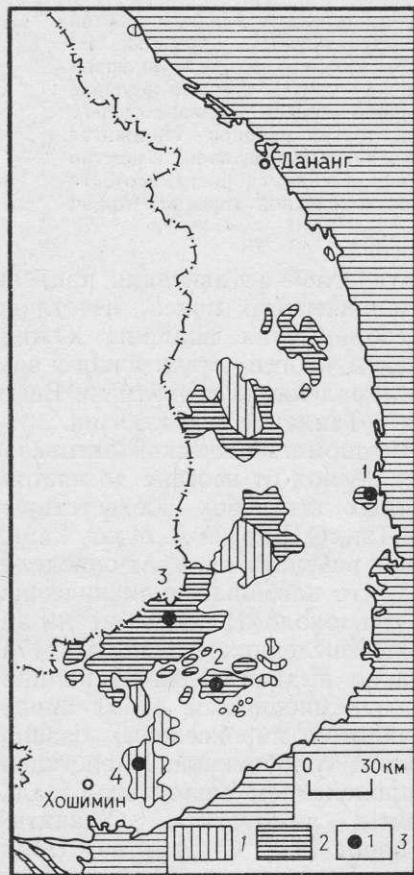
Изучены разрезы позднекайнозойских базальтоидов Южного Вьетнама с определением К-Аг-возраста для представительных образцов. Результаты исследований позволили установить нижнюю возрастную границу (поздний миоцен — ранний плиоцен) между двумя этапами проявления покровного вулканизма, что в значительной степени уточняет существующие в этой области представления для других районов Индокитая. Рассматривается прикладное значение полученных результатов, в частности для геоморфологических построений, определения скорости неотектонических движений и уточнения возраста бокситоносной коры выветривания, развитой на базальтах.

Процессы кайнозойской тектономагматической активизации привели к образованию на юго-востоке Азии вулканического пояса, отчетливо приуроченного к зоне континентального обрамления впадины Южно-Китайского моря. Вулканогенные комплексы неоген-четвертичного возраста развиты на юге Китая, широко представлены на территории Вьетнама, Кампучии, юге Лаоса, встречаются в Таиланде и Малайзии.

Хотя считается, что этап последней тектономагматической активизации на территории Индокитая охватывает период от неогена до настоящего времени, непосредственных возрастных датировок соответствующих вулканических образований немного. Так, С. Барр и А. Макдональд в своей обобщающей статье на основании результатов К-Аг-определения возраста базальтоидов делают вывод, что новейшая вулканическая деятельность на юго-востоке Азии началась около 12 млн. лет назад. Особенно она активизировалась в течение последних 3 млн. лет [7]. По данным Н. Т. Гао, в Индокитае можно выделить два этапа проявления кайнозойского вулканизма. В позднемиоценовое время происходило образование толеитов, плагиобазальтов, пироксеновых базальтов, долеритов, соответствующих им туфов и туфобрекчий. Плейстоцен-голоценовая стадия характеризовалась проявлением щелочных базальтоидов (оливиновые базальты, океаниты, лимбургиты, базаниты) и близких по составу пирокластических пород [11]. С. Барр и А. Макдональд также изучили разрезы молодых вулканических образований в Таиланде [5, 6]. В северной части страны, в районе Денчай, ими было выделено семь потоков (с общей мощностью ~80 м), состав которых меняется от гавайитов к базанитам. Для самого верхнего потока К-Аг-методом был получен возраст $5,64 \pm 0,28$ млн. лет. Здесь же, в районе Лампанг, К-Аг-методом был определен возраст базанитов из двух лавовых потоков, относящихся к проявлениям покровного типа: $0,8 \pm 0,3$ и $0,6 \pm 0,2$ млн. лет [9]. Возраст базальтов Южного Таиланда восточнее Чантабури, определенный трековым методом по цирконам, составил $29,0 \pm 1,70$ и $23,6 \pm 1,20$ млн. лет [6]. Известны также указания о развитии в этом районе Таиланда базальтов, возраст которых $2,57 \pm 0,20$ млн. лет [5]. Для различных районов Кампучии приводятся следующие возрастные датировки базальтов, млн. лет: $2,46 \pm 0,19$ — Пайлинь, $1,29 \pm 0,23$ — Бокео, $0,64 \pm 0,11$ — Боловен [5, 8]. Для Вьетнама трековым методом определен возраст цирконов из базальтов плато Суанлок в южной части страны. Он оказался равным $0,62 \pm 0,10$ — $0,76 \pm 0,07$ млн. лет и хорошо сопоставляется с палеомагнитными данными для всего региона [8]. Опубликованы также первые данные о палинофлорах осадочно-вулканогенной формации СРВ, позволившие отнести ее образование ко

второй половине плиоцена [1]. Таким образом, краткий обзор имеющихся литературных данных показывает различную степень изученности вопроса о времени проявления молодого вулканизма для отдельных районов Индокитая. Весьма немногочисленны эти сведения, в частности, для Вьетнама. Это в основном результаты палеомагнитного и трекового методов, а также споропыльцевого и палеофлористического анализов. Из сказанного вытекает актуальность получения для этого региона данных по определению К-Аг-возраста молодых базальтоидов.

Позднекайнозойские базальты на территории Вьетнама занимают площадь более 23000 км². Особенно широко они распространены в южной части страны (рисунок). Большинство вьетнамских исследователей



Размещение базальтовых плато и точки отбора образцов на территории Южного Вьетнама

Базальты: 1 — поздние Q_{2-4} (N_2-Q_1), 2 — ранние N_2-Q_4 (P_3-N_2) по [10] и по нашим данным (в скобках); 3 — места взятия проб для геохронологического изучения (цифры на схеме соответствуют номерам образцов в тексте и в табл. 1)

кора выветривания с промышленным накоплением бокситовых руд развита только на базальтах, относящихся к наиболее древнему этапу покровного вулканизма [3, 4]. Она имеет региональное распространение и как бы маркирует верхний предел излияния ранних базальтов.

Авторами настоящей статьи было изучено несколько разрезов молодых базальтов на юге Вьетнама с отбором образцов для определения возраста К-Аг-методом. Для измерения ультрамалых количеств радиоактивного аргона (порядка 10^{-10} — 10^{-11} г) использовался низкофоновый аппаратный комплекс: масс-спектрометр МИ-1330, работающий в ста-

вулканогенные образования подразделяются на две возрастные группы — ранние (N_2-Q_1) и поздние (Q_{2-4}) базальты [10]. Так же как и для других районов Индокитая, здесь выделяются два крупных этапа проявления молодого вулканизма. На раннем этапе он имел площадной покровный характер. Блоковые подвижки, связанные с активизацией разломов субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простирания, приводили к образованию локальных депрессий, которые заполнялись продуктами базальтового вулканизма — плато Дакнонг, Баолок-Зилинь и др. В наиболее полных разрезах общая мощность вулкаников достигает 380—420 м. Они имеют толеитовый или промежуточный по щелочности состав. При этом выделяются более древние покровы неогенового возраста и более молодые раннеплейстоценовые образования [10]. Второй этап характеризуется излияниями центрального типа. Здесь наряду с отдельными щитовыми вулканами возникали многочисленные мелкие центры вулканической деятельности, локализующиеся вдоль коротких линейно вытянутых зон субмеридионального простирания (ареальный вулканизм). Продукты вулканизма отличаются повышенной щелочностью, которая особенно возрастает в базальтах современных извержений (вулкан Иль-де-Сандр).

С позднекайнозойскими базальтами связан целый ряд месторождений полезных ископаемых: золото, драгоценные камни, бентониты, латеритные бокситы. Считается, что латеритная

Таблица 1

Результаты определения К-Аг-возраста базальтов Южного Вьетнама

Номер образца	Содержание в образце		$^{40}\text{Ar}_{\text{рад}}$ в опыте, %	Возраст, млн. лет ($\pm 1\sigma$)
	К, %	$^{40}\text{Ar}_{\text{рад}}$, 10^{-9} г/г		
1	$1,28 \pm 0,02$	$0,444 \pm 0,008$	54	$5,00 \pm 0,13$
2	$0,60 \pm 0,02$	$0,329 \pm 0,018$	13	$7,9 \pm 0,5$
3	$0,56 \pm 0,02$	$0,243 \pm 0,005$	46	$6,3 \pm 0,3$
4	$1,10 \pm 0,02$	$0,033 \pm 0,005$	8	$0,44 \pm 0,07$

Примечание. Представленные данные являются средневзвешенными значениями, полученными в двух параллельных опытах, в каждом из которых измерялись изотопные отношения аргона в шести спектрах. Сходимость определений находилась в пределах указанной (1σ) погрешности. При расчете возраста использовались константы: $\lambda_{\beta^-} = 4,962 \cdot 10^{-10}$ л $^{-1}$, $\lambda_e = 0,581 \cdot 10^{-10}$ л $^{-1}$, $^{40}\text{K}/\text{K} = 0,01167$ ат. %.

тическом режиме, с автоматической системой управления и регистрации на базе микроЭВМ «Электроника ДЗ-28» и модернизированная низкофоновая выделительная установка АУ-7. Уровень фона («горячий» холостой опыт) составлял $(6-8) \cdot 10^{-12}$ г по ^{40}Ar и был, как правило, на два порядка ниже количества радиогенного аргона в опыте. Содержание радиогенного аргона определялось методом изотопного разбавления с трасером — ^{38}Ar ; точность определения контролировалась периодическими измерениями эталонных проб и изотопного состава атмосферного аргона. Содержание калия определялось методом пламенной фотометрии В. Н. Никишиной. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Необходимо отметить, что первые три определения сделаны из пород, взятых в верхних частях разрезов покровных образований, непосредственно под корой латеритного выветривания. Они характеризуют конечные стадии первого цикла покровного вулканизма. Четвертое определение выполнено для образца из базальтового потока, связанного с отдельным конусом, и относится к времени проявления второго этапа вулканической активности.

Базальты первой возрастной группы отбирались в различных районах Южного Вьетнама (рис. 1). Образец 1 взят в северо-восточной части плато базальтов Ванхоа в пределах одноименного месторождения латеритных бокситов. Оливин-плаггиоклазовый базальт (промежуточного ряда) сложен единичными вкрапленниками — субфенокристаллами (от 2—3 до 0,5 мм) плаггиоклаза и оливина. В полностью раскристаллизованной основной массе породы отмечается до 50% клинопироксена, 25—30 плаггиоклаза, 5—10 оливина, до 10% титаномагнетита, мелкие иглы и кристаллы апатита. В целом порода довольно свежая. Образец 2 отобран в 3 км к северо-востоку от поселка Баолок, также на одноименном бокситовом месторождении. Здесь, на старом аэродроме Танфат, в канаве вскрыт контакт вулканогенных пород с развитыми на них латеритными бокситами. Пироксен-плаггиоклазовый диабаз (толеитового ряда) содержит до 50—60% плаггиоклаза (размер отдельных кристаллов доходит до 2—3 мм), 20—30% клинопироксена, единичные кристаллы ортопироксена, хлорит, серпентин, магнетит. Образец 3 взят в районе бокситорудного месторождения Куаншон, расположенного в 150 км к северо-востоку от г. Хошимина. Афировый толеитовый базальт в основной массе содержит до 40% плаггиоклаза, около 20% клинопироксена, 3—5% оливина, лейсты ортопироксена, до 20—30% черного стекла (вероятно, за счет пылевидных выделений магнетита), единичные зерна и скопления рудного минерала. Порода сравнительно мало изменена. Участками в миндалинах и, вероятно, по стеклу развивается хлорит, пренит, карбонат, серпентин. Образец 4 представляет вторую возрастную группу позднекайнозойских вулканических пород Вьетнама. Он отобран в центре обширного поля развития молодых покровных базальтов, из верхнего потока, связанного с одним из многочисленных мелких конусов, в

Таблица 2

Химический состав базальтов Южного Вьетнама, мас. %

Номер образца	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO
1*	47,56	2,48	15,38	3,34	11,81	0,09	4,98	8,00
2*	52,75	1,95	13,68	2,62	8,48	He обн.	7,72	8,28
3*	51,18	1,40	17,94	2,42	8,71	0,17	6,64	8,68
4	51,26	1,39	18,14	He	9,60	0,20	6,38	8,32
5	53,07	1,78	17,71	2,44	7,22	He обн.	4,81	7,56
6*	51,46	2,07	12,95	4,34	7,36	»	8,56	8,13
7	45,79	2,13	14,13	4,12	7,33	0,21	8,33	8,52
8	43,26	2,58	14,33	5,54	6,76	0,15	8,60	8,68
9	52,99	1,05	15,80	5,23	4,36	0,15	4,50	5,66

Номер образца	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	Сумма	
1*	3,40	1,32	He обн.	0,16	1,09	П.п.п.	99,61
2*	3,11	0,64	»	He обн.	0,48	—	99,71
3*	2,99	0,80	»	0,59	0,40	—	99,92
4	3,03	0,85	»	0,51	0,43	—	100,11
5	3,40	0,89	0,26	0,95	0,43	—	100,52
6*	3,15	1,24	He обн.	He обн.	0,54	—	99,80
7	3,07	1,43	0,22	—	He обн.	—	98,45
8	3,01	1,97	0,41	—	—	3,40	99,03
9	4,83	2,84	0,14	—	—	3,40	99,19

Примечание: образцы 1—5 — базальты N₂-Q₁ (f₃-N₂): 1 — Ванхоа, 2 — Куаншон, 3—5 — Баолок; 6 — Суанлок (Q₁-); 7—9 — базальты Q₂₋₄ по [10].
Аналитики М. И. Кеврина, Е. Л. Бородина, С. А. Горбачева, Л. С. Цимлянская, Т. И. Нечаева (ИГЕМ АН СССР).

* Образцы, используемые для определения К-Аг-возраста. Прочерк — не определялось.

7 км к западу от г. Суанлок. Оливиновый базальт (промежуточного ряда) состоит из вкрапленников (до 2 мм) субфенокристаллов оливина (15—10%) и хорошо раскристаллизованной основной массы. Последняя содержит до 60% плагиоклаза, 15—20% оливина, 10—15% клинопироксена, 3—5% магнетита. В целом порода сравнительно мало затронута вторичными изменениями.

По химическому составу изученные породы в целом близки между собой (табл. 2). Небольшие различия базальтов рассматриваемых возрастных групп заключаются в более высоких содержаниях SiO₂ и Al₂O₃ в ранних вулканитах и повышенной щелочности их поздних аналогов. Указанная закономерность установлена ранее вьетнамскими исследователями на основании статистических данных. Считается, что химическая дифференциация базальтов во времени проявляется в изменении количества оснований, в том числе сильных.

Результаты определения К-Аг-возраста базальтов Южного Вьетнама в целом хорошо вписываются в общую картину эволюции позднекайнозойского вулканизма в Индокитае. Так, в частности, возраст ранних базальтов, отобранных из верхних горизонтов вулканогенного комплекса юга СРВ, близок времени излияния аналогичных по условиям залегания базальтов района Денчай Северного Таиланда. Следует отметить хорошую сопоставимость полученных и опубликованных ранее данных для поздних базальтов района Суанлок, тем более, что определения сделаны различными методами. Полученные результаты подтверждают существующее положение о развитии во Вьетнаме древних покровных и молодых ареальных проявлений вулканизма.

Вместе с тем проведенные исследования позволили внести ряд существенных дополнений в проблему возраста молодых вулканогенных образований Индокитая. Как видно из литературных данных и полученных результатов для территории Индокитая в целом и Вьетнама в частности,

можно выделить три цикла проявления позднекайнозойского вулканизма. Первый (P_3-N_2) охватывает период от 23—29 до 5 млн. лет и соответствует времени развития раннего покровного вулканизма. С корой выветривания базальтов этого этапа связаны крупные промышленные месторождения латеритных бокситов. Второй этап (N_2-Q_1) с датировками от 2,57 до 0,62 млн. лет отвечает периоду появления базальтов поздних покровных образований. Коры латеритного выветривания здесь либо отсутствуют, либо проявлены незначительно. Третий — самый молодой этап (Q_{1-4}) характеризуется пока только одной датировкой — 0,44 млн. лет. С ним связан ареальный вулканизм. Полученные результаты свидетельствуют также о том, что между вулканическими проявлениями первого и второго этапов позднекайнозойского вулканизма наблюдается достаточно большой перерыв. Возраст ранних покровных базальтов трех различных районов Южного Вьетнама оказался близким между собой. Базальты брались из подошвы регионально развитой на них бокситоносной коры выветривания и поэтому могут считаться наиболее поздними образованиями в своей возрастной группе. Результаты К-Аг-определения четко укладываются на конец позднего миоцена — начало плиоцена. Это обстоятельство позволяет говорить о возможности смещения нижней возрастной границы между этапами раннего и позднего покровного вулканизма в поздний миоцен — ранний плиоцен. Окончательные выводы о положении верхней границы перерыва будут сделаны по мере дальнейшего накопления фактического материала.

Полученные результаты по К-Аг-возрасту базальтов могут иметь прикладное значение для решения некоторых других вопросов геологии Вьетнама. Их можно использовать при геоморфологических построениях, для определения скорости неотектонических движений. Известно, что территории развития базальтовых плато, относящихся к первому этапу вулканизма, на юге страны к моменту излияния базальтов занимали низкие (300—500 м) и даже близкие к нулевым гипсометрические уровни. Об этом свидетельствуют факты обнаружения в районе бокситового месторождения Баолок в неогеновых отложениях остатков прибрежных растений, а в аналогичных образованиях месторождения Ванхоа — радиолярий [3, 4]. Современные отметки размещения этих объектов, а следовательно, и точек отбора образцов базальтов на К-Аг-возраст соответственно составляют около 800 и 400 м. Простейшие расчеты показывают, что скорость неотектонических движений в Южном Вьетнаме составляет около 1 см в 100 лет. Данные К-Аг-исследований позволяют также с большой достоверностью говорить о позднемиоценовом — раннеплиоценовом, а не раннеплейстоценовом, как это считалось ранее, возрасте бокситоносной коры выветривания базальтов. Зная мощность латеритной коры выветривания (в среднем 15 м) и предполагая, что ее формирование началось вслед за излиянием базальтов и протекает в настоящее время, можно рассчитать скорость развития этого процесса в Южном Вьетнаме, что составляет 2—3 мм в 1000 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анапова Е. Н., Данг Ван Бат. Первые данные о палинофлорах осадочно-вулканической формации Центрального Вьетнама//Ботан. журн. 1987. Т. 65. № 7. С. 971—977.
2. Ву Динь Тхан, Чыонг Ван Лу. Геохимические особенности базальтов Южного Вьетнама//Геология и полезные ископаемые Вьетнама. Тр. ГГУ СРВ. Ханой, 1980. Т. I. С. 291—307. (На вьетнамском языке).
3. Лузин Г. П., Якушев В. М., Гузовский Л. А. Латеритные бокситы на неоген-четвертичных базальтах юга Вьетнама//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1985. № 3. С. 116—133.
4. Нгуен Нгок Куинь, Новиков В. М. Латеритные бокситы приморской провинции Южного Вьетнама//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1985. № 6. С. 104—112.
5. Barr S. M., Macdonald A. S. Geochemistry and petrogenesis of Late Cenozoic basalts of Thailand//Geol. Soc. Malays. Bull. 1978. № 10. P. 25—52.
6. Barr S. M., Macdonald A. S. Palaeomagnetism, age and geochemistry of the Denchai basalt northern Thailand//J. Earth and Planet. Sci. Lett. 1979. V. 46. № 2. P. 113—124.

7. *Barr S. M., Macdonald A. S.* Geochemistry and geochronology of Late Cenozoic basalts of Southwest Asia. Summary//Geol. Soc. Amer. Bull. 1981. Pt. 1. V. 12. № 8. P. 508—512.
8. *Carbonnel G. P., Poupeau S.* Premiers elements de datation absolue par traces de fission des basaltes de L'Indochine meridionale//J. Earth and Planet. Sci. Lett. 1969. V. 6. № 1. P. 26—30.
9. *Masakatsu S. R., Benjavun J., Pruphut S.* New K—Ar ages from the Lampang basalt, Northern Thailand//Bull. Surv. Jap. 1987. V. 38. № 1. P. 13—20.
10. *Nguyen Kink Quoc, Pham Duc Luong.* The great stages of volcanic activities in Vietnam//Proceedings first Conference on Geology of Indochina, Ho Chi Minh City, 1986. V. 1. P. 179—189.
11. *Nguyen Thu Giao.* Petrogenesis of Cenozoic basalts in Indochina. Abstracts of papers. First Conference on Geology of Indochina. Ho chi Minh City, 1986. P. 23.

ИГЕМ АН СССР,
Москва

Поступила в редакцию
10.II.1988