

Краткие сообщения

УДК 551.24:551.782.2(597)

ДИСЛОКАЦИИ ПЛИОЦЕНОВЫХ БАЗАЛЬТОВ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

© 2014 Фунг Ван Фать¹, С.А. Касаткин², Ле Дык Ань¹, Нгуен Куанг Минь¹, В.В. Голозубов²

¹Институт морской геологии и геофизики ВАНТ, Ханой, Вьетнам

²Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, 690022;
e-mail: golozubov@fegi.ru

Базальты плато Ванхоа (Южный Вьетнам) плиоценового (1.8-5.3 млн. лет) возраста располагаются в зоне динамического влияния Восточно-Вьетнамского Граничного разлома меридионального простирания. В пределах нижних уровней разреза этих базальтов установлены многочисленные крутонаклонные прямолинейные разрывы, на поверхностях сместителей которых повсеместно обнаруживается субгоризонтальная (до 10°) штриховка и борозды скольжения. Это указывает на преобладающее влияние сдвиговых дислокаций. Структурный парагенез, включающий правые сдвиги ССВ и левые сдвиги ВСВ простираний, указывает на СВ (40°) направление сжатия и, соответственно, на доминанту правосторонних перемещений вдоль Восточно-Вьетнамского Граничного разлома в позднем кайнозое. Это сжатие является, по-видимому, локальным, проявленным в области сосдвигового растяжения при несоосном динамическом взаимодействии СЗ правых сдвигов на фоне субмеридионального регионального сжатия.

Ключевые слова: сдвиговые дислокации, плиоцен, базальтовые плато, Южный Вьетнам.

В мае 2014 г. авторы проводили структурные исследования вдоль побережья Вьетнама между городами Нячанг и Куинен (12-14° с.ш.) (рис. 1). Целью исследований являлось изучение стиля деформаций в различные периоды формирования современной структуры побережья Вьетнама на участке, где это побережье имеет меридиональное простирание, субпараллельное простиранию зоны Восточно-Вьетнамского Граничного разлома (Fuhn et al., 2009). Этот разлом выявлен и прослежен по геофизическим данным на шельфе приблизительно в 40 км от береговой линии и, соответственно, не поддается прямому изучению. Им ограничена с запада серия приразломных кайнозойских впадин, объединенных в осадочный бассейн Фухань заполнение которых началось в эоцене и продолжалось (с перерывами) до настоящего времени (Fuhn et al., 2009). Какие-либо сведения о характере современных дислокаций вдоль этого разлома, являющегося прямым продолжением системы разломов Красной Реки, отсутствуют в связи с тем, что в настоящее время этот район практически асейсмичен, а данные

GPS – наблюдений не поддаются однозначной трактовке (Gero et al., 2000). Вдоль системы разломов Красной Реки установлены правосторонние перемещения с амплитудами в несколько десятков километров, происходившие в течение последних 5 млн. лет (Allen et al., 1984; Leloup et al., 1995; Replumaz et al., 2001; Zuchiewicz et al., 2009 и др.) под действием субмеридионального сжатия, установленного, в частности, на основе расшифровок фокальных механизмов землетрясений (Касаткин и др., 2014).

Представляется интересным выяснить, продолжались ли подобные перемещения и на юго-восточном продолжении этой системы разломов, то есть вдоль Восточно-Вьетнамского Граничного разлома. Для решения данного вопроса авторами изучены дислокации базальтов плато Ванхоа плиоценового (1.8-5.3 млн. л.) возраста в окрестностях г. Туихоа (рис. 2), которые, как мы полагаем, находятся в зоне динамического влияния этого разлома.

На исследованной территории обнажены дислоцированные породы преимущественно

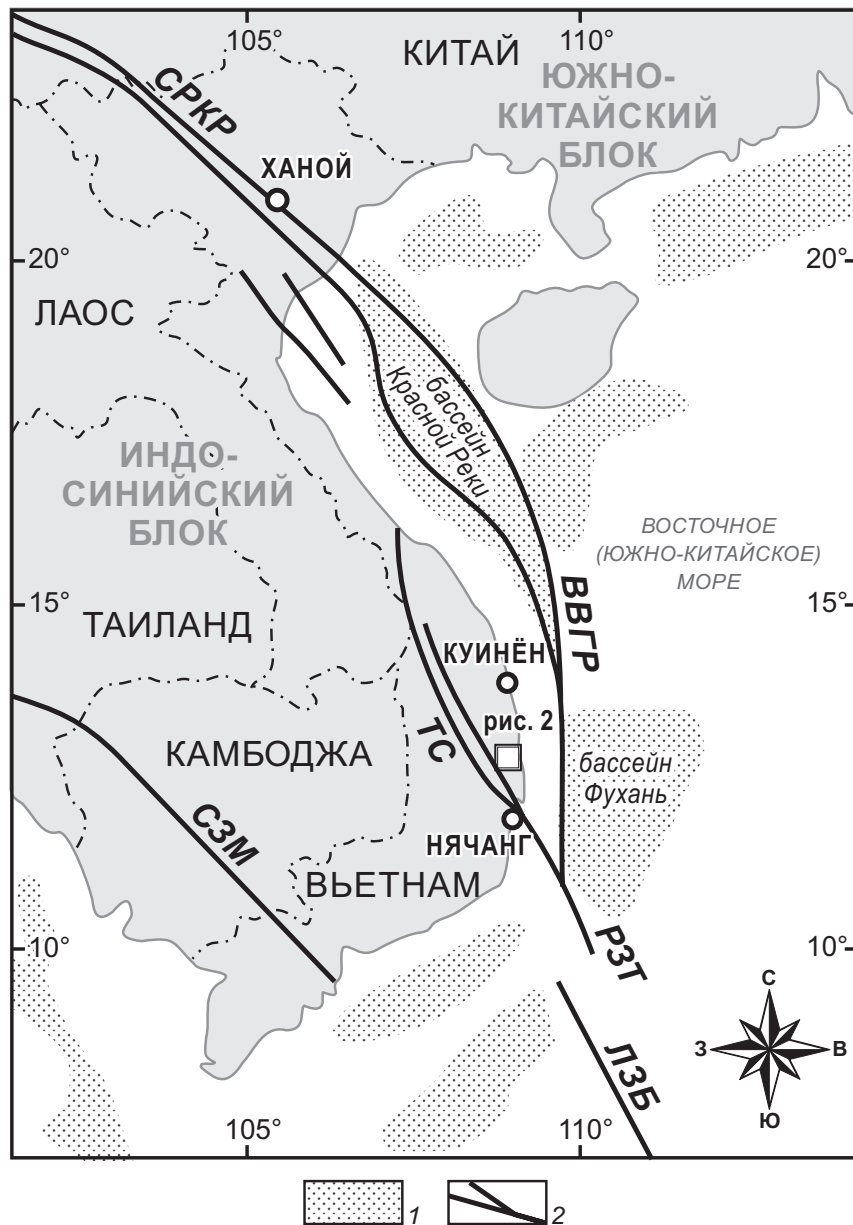


Рис. 1. Главные разломы и осадочные бассейны юго-восточной окраины Азии (по Fyhn et al., 2009; Nielsen et al., 2007): 1 – осадочные бассейны; 2 – главные разломы; СРКР – Система Разломов Красной Реки; ВВГР – Восточно-Вьетнамский Граничный Разлом; ТС – трог (рифт) Сонгба; РЗТ – разломная зона Туи-хоа; ЛЗБ – линия Западный Барам; СЗМ – сдвиговая зона Мэпинг. Прямоугольником показан район исследований, представленный на рис. 2.

мезозойского чехла Индосинийского блока (Geological ..., 1997). Кристаллический фундамент зафиксирован на локальных участках и представлен протерозойскими биотитовыми, реже биотит-пироксеновыми гнейсами и различными кристаллическими сланцами с горизонтами амфиболитов и оливиновых мраморов, а также менее метаморфизованными породами нижнего палеозоя – кварцитами, зеленокаменными породами, метариолитами, кварц-серицитовыми сланцами и доломитовыми мраморами. В составе чехла закартированы выходы среднего триаса (конгломераты, песчаники, аргиллиты, риолиты и их туфы), нижней юры (известковые

алевролиты, глинистые известняки), средней юры (красноцветные песчаники и алевролиты) и верхней юры (андезиты, дациты и их туфы). Несогласия установлены в подошвах среднего триаса, нижней юры и верхней юры. Меловые стратифицированные образования также несогласно перекрывают более древние комплексы и представлены вулканитами кислого состава – риолитами, риодацитами, дацитами и их туфовыми производными. Значительную часть территории (более 50%) занимают выходы меловых, в меньшей мере позднеюрских и среднетриасовых интрузий гранитоидов, внедрившихся в перечисленные породы деформированного чехла. Триа-

ДИСЛОКАЦИИ ПЛИОЦЕНОВЫХ БАЗАЛЬТОВ

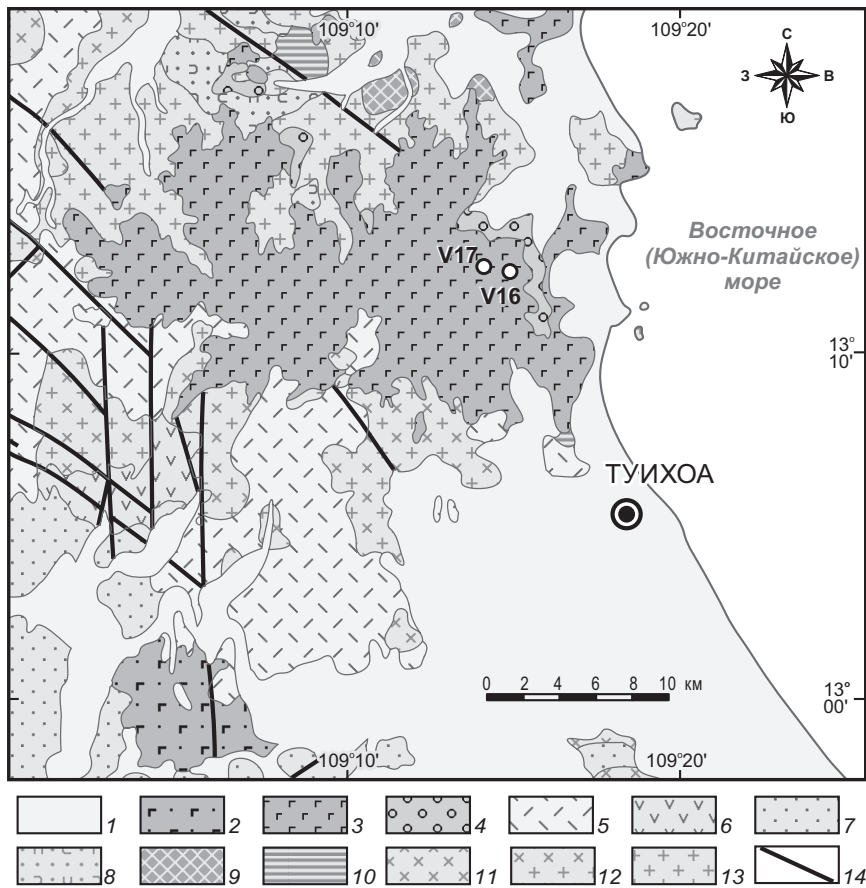


Рис. 2. Геологическая карта окрестностей г. Туихоа. (по Geological..., 1997): 1 – четвертичный аллювий; 2 – среднеплиоценовые оливиновые базальты; 3 – плиоценовые оливиновые базальты (формация Дайнга); 4 – плиоценовые конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, диатомиты, углистые сланцы, лигниты (формация Контум); 5 – меловые кислые вулканиты; 6 – верхнеюрские вулканиты среднего состава; 7 – ниже- и среднеюрские песчаники, алевролиты, мергели, известняки; 8 – среднетриасовые конгломераты, песчаники, глинистые сланцы, кислые вулканиты; 9 – кембрий-силурийские метариолиты, мраморы, кремнистые сланцы; 10 – протерозойские гнейсы и кристаллические сланцы; 11 – меловые граниты и граносиениты; 12 – юрские граниты, гранодиориты и диориты; 13 – среднетриасовые граниты, гранодиориты и граносиениты; 14 – разломы. Белые кружочки – точки наблюдений и их номера.

совые гранитоиды представлены биотитовыми гранодиоритами, гранитами и граносиенитами; юрские – биотит-роговообманковыми диоритами, гранодиоритами и гранитами. Меловые гранитоиды частью подстилают, а частью прорывают близкие по возрасту кислые вулканиты и представлены биотитовыми гранодиоритами, гранитами, аляскитами и граносиенитами.

Позднекайнозойские плато-базальты на территории Южного Вьетнама распространены достаточно широко (рис. 3). Значительные по площади излияния образуют плато Плейку, Дарлак, Фьюклонг, Суанлок, Далат; значительно меньшие по площади плато Канлонг, Ванхоа и др. (Hoang, Flower, 1998). В подавляющем большинстве случаев обсуждаемые базальты не обнаруживают следов тектонических дислокаций и в этом отношении изученное местонахождение является достаточно уникальным. Нарушенность потоков базальтов плато Ванхоа связана, вероятно, с тем, что в настоящее время

этот район является тектонически относительно активным – именно здесь в 60-х годах прошлого века зафиксированы редчайшие в Южном Вьетнаме землетрясения.

Базальты плато Ванхоа, объединенные в формацию Дайнга (мощность до 200 м), «броннируют» водораздельные пространства и перекрывают, естественно, с глубоким размывом и несогласием более древние комплексы пород (Geological ..., 1997, рис. 2). Формация образована пакетом покровов оливиновых базальтов, разделенных горизонтами туфогенно-осадочных пород, а также красно-бурых продуктов окисления верхних и нижних частей потоков. В основании разреза установлена выклинивающаяся по простиранию базальная пачка – формация Контум (10-100 м), сложенная конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами, углистыми глинистыми сланцами, диатомитами и лигнитами, содержащими флору, по которой, по-видимому, и был установлен вьетнамскими

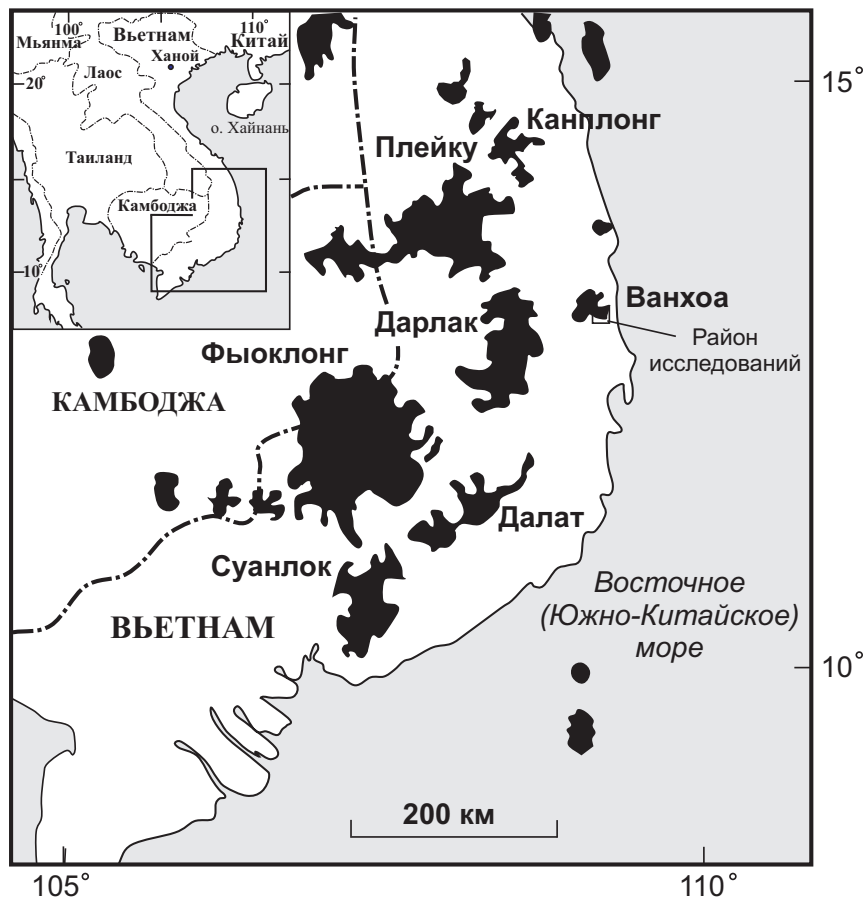


Рис. 3. Расположение позднекайнозойских базальтовых плато в Южном Вьетнаме (черное) и названия некоторых из них (Hoang, Flower, 1998).

геологами плиоценовый возраст формации. Следует отметить, что в непосредственной близости от рассматриваемого участка закартированы потоки аналогичных оливинных базальтов (20-50 м), но датированных по флоре уже средним плейстоценом.

Разрез формации Дайнга можно наблюдать в прекрасных обнажениях, вскрытых вдоль подъездной дороги и в основном карьере действующего предприятия по добыче строительного камня. Нижняя часть видимого разреза мощностью более 50 м представлена серией потоков базальтов, содержащих линзовидные прослои (до нескольких метров) рыхлых серых грубообломочных пород — слабо сцементированных пролювиально-аллювиальных вулканокластических конгломератов, брекчий и гравелитов. В редких случаях на этом же уровне обнажены более тонкообломочные породы — мелкозернистые песчаники, алевролиты и глинистые породы с отлично проявленной слоистостью, являющиеся, по-видимому, отложениями кратерных озер. Базальты состоят из микролейст плагиоклаза, реже пироксенов, погруженных в слабо хлоритизированное стекло (до 10% объема породы). Базальты отдельных потоков иногда содержат относительно крупные (до 2 см) вкрапленники идиоморфного

лабрадора. Повсеместно наблюдаемые более мелкие вкрапленники также идиоморфного оливина полностью замещены микроволокнистыми агрегатами иддингсита. Мощности отдельных потоков не превышают нескольких метров при пологих (10-20°) падениях на юго-восток (130-140°).

Верхняя часть разреза формации Дайнга вскрыта на водоразделе в основном карьере месторождения и представлена серией относительно мощных (десятки метров) потоков базальтов, являющихся главным объектом разработки строительного камня.

РЕЗУЛЬТАТЫ СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные структурные исследования проводились в нижней части разреза, у подножья плато Ванхоа (рис. 2, точка V16). Здесь базальты рассечены преимущественно крутонаклонными прямолинейными разрывами, которые располагаются с шагом 2-6 (до 10) м (рис. 4) и обычно заполнены просечками кальцита. На поверхностях их сместителей почти повсеместно обнаруживается субгоризонтальная (до 10°) штриховка и борозды скольжения, что указывает на преобладающее влияние сдвиговых дислокаций.

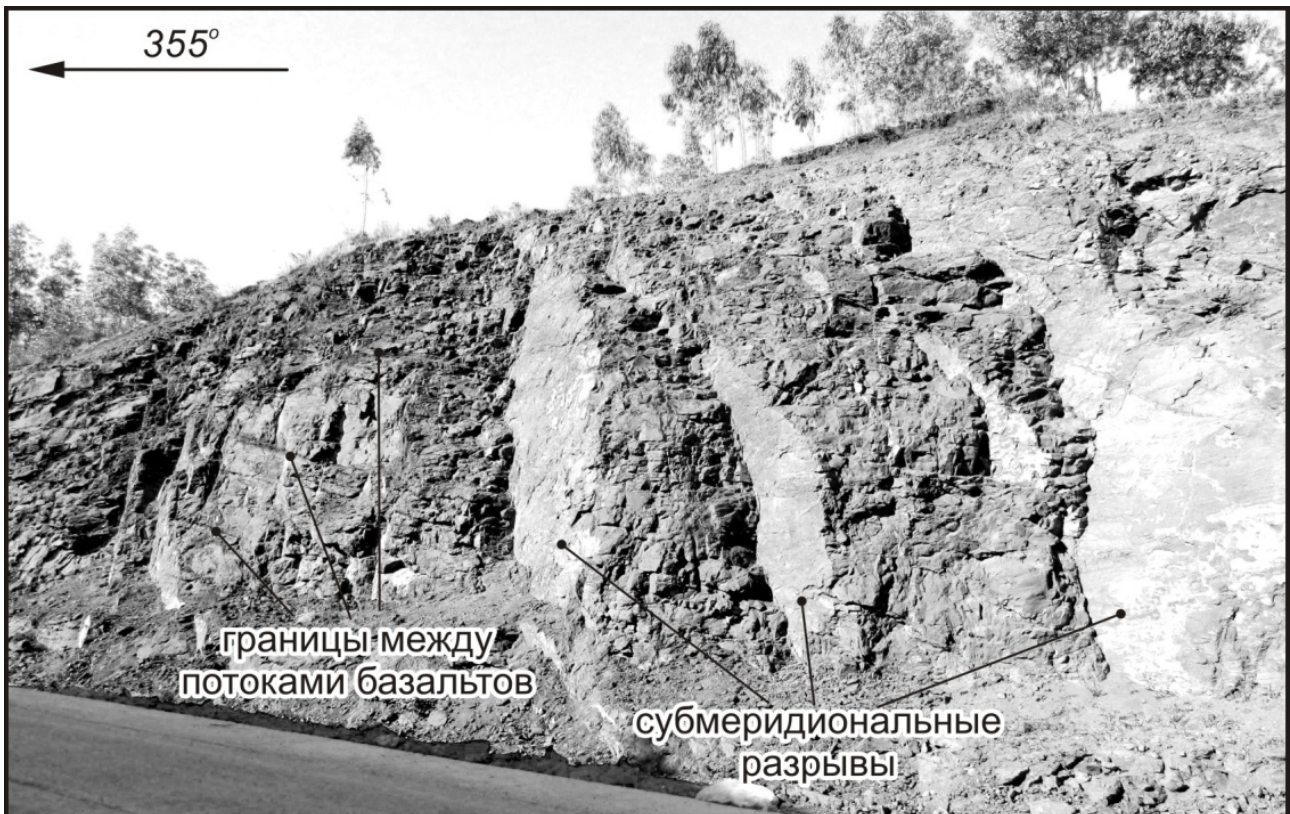


Рис. 4. Субмеридиональные разрывы, рассекающие пологолежащие потоки базальтов формации Дайнга.

Результаты замеров ориентировок разрывов иллюстрирует диаграмма (рис. 5). Направления смещений определялись по коренным и аккреционным ступеням, а также по морфологии разрывов и кальцитовых жил, ориентировкам кулис и оперяющих трещин (рис. 6). В процессе детального статистического анализа пространственного (включая поясовое) распределения разрывов в комплексе с полевыми наблюдениями было выделено пять разрывных систем, пространственно-генетические характеристики которых представлены в таблице.

Анализ ориентировок кинематических элементов разрывов показал, что ССВ (10-20°) правые (I система) и ВСВ (70-80°) левые сдвиги (II система) являются сопряженными, сформированными под действием СВ (40°) сжатия. Относительно редкие разрывы СВ (30-50°) простирания (III система) ориентированы субпараллельно этому сжатию, то есть являются структурами сосдвигового растяжения (рис. 6).

Таким образом, выявленные системы разрывов и их структурно-кинематические элементы образуют в плато-базальтах устойчивый парагенезис, соответствующий северо-восточному (40°) направлению сжатия.

Примечательно, что в потоках базальтов верхних уровней разреза (рис. 2, точка V17) каких-либо признаков смещений на поверхностях разрывов нами не обнаружено. Получается, что

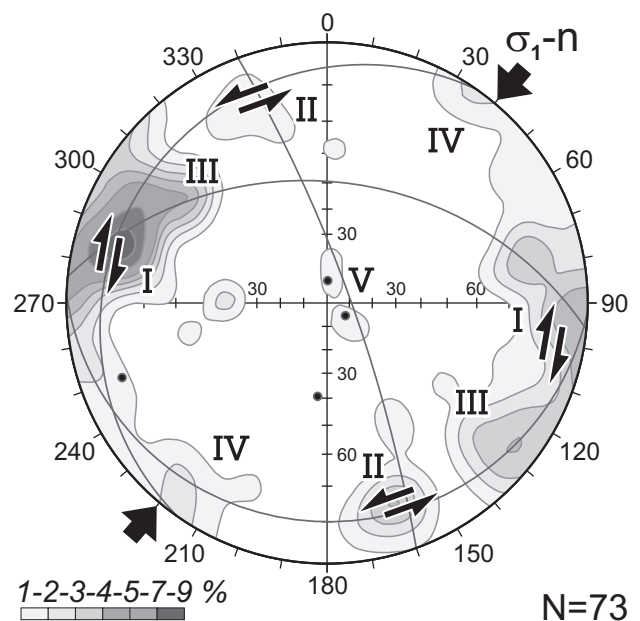


Рис. 5. Суммарная диаграмма ориентировок разрывов в базальтах формации Дайнга. В проекции на верхнюю полусферу (сетка Вульфа) изображены: изолинии плотности полюсов разрывов в процентах; экваторы поясов разрывов (дуги больших кругов) и их оси (точки); римские цифры – системы разрывов; стрелки – доминирующие направления смещения для систем разрывов; σ_1-n – ориентировка сжатия; N – количество замеров.

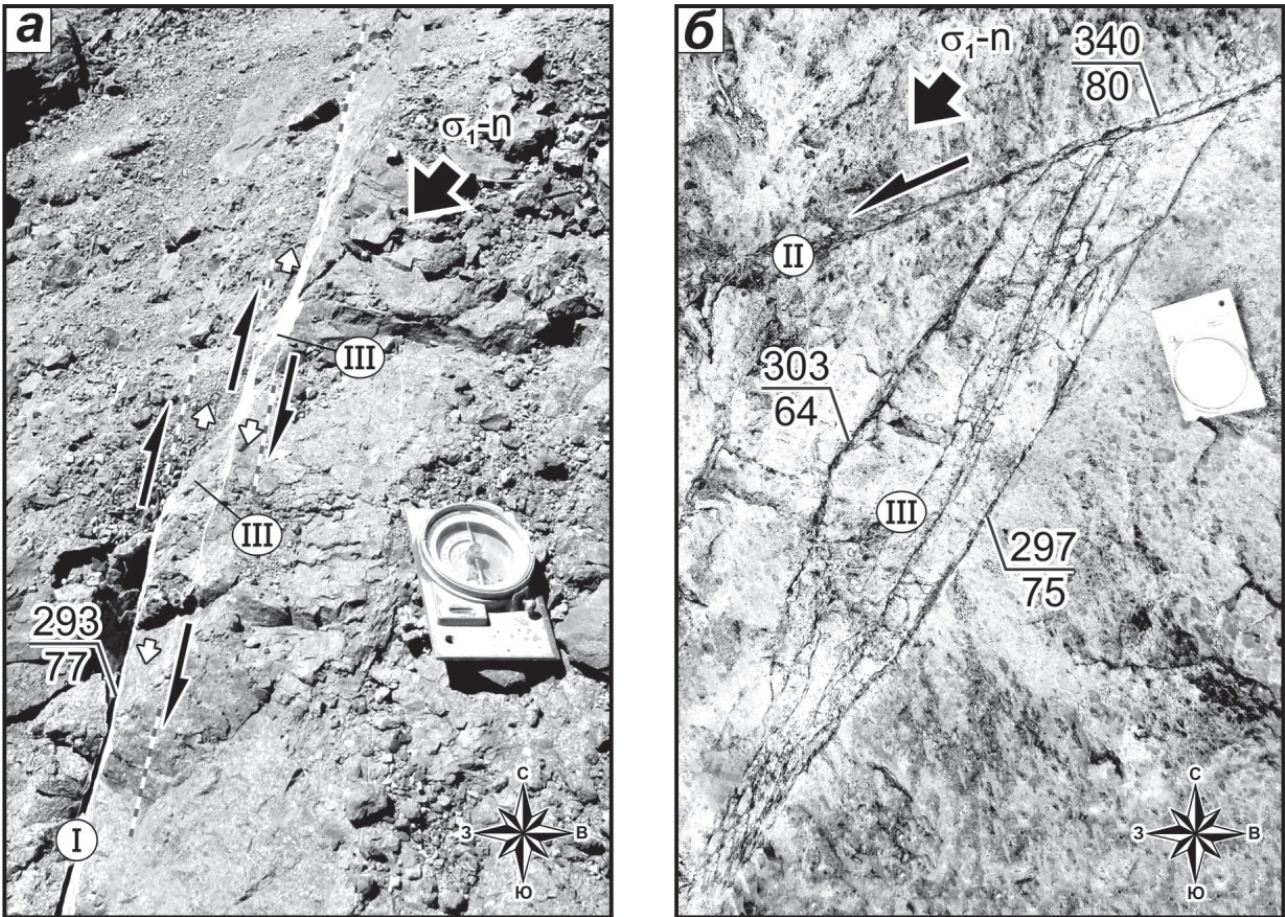


Рис. 6. Проявление сдвиговых смещений в базальтах формации Дайнга под действием северо-восточного (40°) сжатия. Правоступенчатое эшелонирование кальцитовых жил (I система) с формированием структур сосдвигового растяжения (III система) при правостороннем смещении (a) и формирование оперяющих трещин растяжения (III система) при левостороннем смещении (II система) (б). σ_{1-n} – ориентировка сжатия; римские цифры – номера систем разрывов; чёрные стрелки – направления смещения; белые стрелки – направление сосдвигового растяжения; пунктир – потенциальное продолжение сдвигов; арабские цифры – элементы залегания разрывов: азимут (числитель) и угол (знаменатель) падения.

Пространственно-генетические параметры систем разрывов.

Индексы систем	Параметры ориентировки систем (град.)		Характеристика тектонических нарушений
	азимут простираения	угол падения	
I	ССЗ 350 – ССВ 25	З 70-90 В 70-90	Преимущественно правые сдвиги, прожилки кальцита (рис. 6а), серии прямолинейных, протяженных (более 5 м) трещин (рис. 4), зоны дробления и расщепления. Наиболее распространены.
II	СВ 60 – ВСВ 80	ССЗ 70-85 ЮЮВ 65-90	Преимущественно левые сдвиги (рис. 6б), иногда со следами кальцита, редко крупные разрывы с пологими бороздами скольжения, отдельные трещины.
III	СВ 25 – 50	СЗ 60-90 ЮВ 60-90	Структуры растяжения – кальцитовые кулисы (рис. 6а), оперяющие серии трещин (рис. 6б), зоны расщепления и дробления.
IV	СЗ 300 – 315	СВ 80-90 ЮЗ 75-90	Отдельные трещины. Развиты весьма слабо.
V	СВ 40 – В 90	СЗ 0-20 ЮЮВ 0-20	Редкие пологие разрывы, иногда с кальцитом, развитые, как правило, вдоль контактов вулканических потоков.

при развитии дизъюнктивных дислокаций снизу вверх (из фундамента в чехол) сдвиговые перемещения нижних гипсометрических уровней постепенно угасали.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Таким образом, ответ на вопрос, продолжались ли в плиоцен-четвертичное время правосторонние сдвиговые перемещения на южном, меридиональном фланге системы разломов Красной Реки в, свете изложенных выше данных может быть только положительным. Однако установленная нами ориентировка сжатия не соответствует региональному – субмеридиональному направлению, под действием которого развитие структур в данном регионе продолжалось в течении последних 5 млн. лет. Для объяснения этого несоответствия мы попытались рассмотреть местоположение данного массива плато-базальтов относительно зон динамического влияния главных разрывных структур региона, прежде всего, системы разломов Красной Реки (СРКР). Как уже говорилось, в плиоцен-четвертичное время (5-0 млн. лет) по СРКР активизировались правосторонние движения с амплитудами, по разным оценкам, от 20 до 57 км (Allen et al., 1984; Leloup et al., 1995; Replumaz et al., 2001; Zuchiewicz et al., 2009; Касаткин и др., 2014). К юго-востоку СРКР меняет простирание на субмеридиональное и продолжается под названием Восточно-Вьетнамского Граничного Разлома (ВВГР). Сюда этот разлом ограничивается разломной зоной Туихоа (РЗТ) северо-западного простирания (рис. 7), которая отчетливо фиксируется по геофизическим данным на структурной карте дотретичного акустического фундамента (Fyhn et al., 2009; Nielsen et al., 2007). Северо-западным продолжением РЗТ, уже на материковой части, является трог (рифт) Сонгба (ТС), который к северо-западу изменяет простирание на меридиональное и угасает, распадаясь на отдельные разломы (рис. 7).

В обстановке субмеридионального сжатия эти структуры – СРКР-ВВГР и РЗТ-ТС, по-видимому, функционировали как динамопара несоосных правых сдвигов, образуя область динамического взаимодействия. При правоступенчатом смыкании несоосных правых сдвигов эта область будет соответствовать структуре содвигового растяжения, характерной особенностью которой является преломление (разворот) ориентировки регионального сжатия по часовой стрелке (Шерман и др., 1991; Woodcock, Fisher, 1986). При этом вектор субмеридионального сжатия (σ_1 -1) относительно разломов СЗ простирания можно разложить на составляющие: нормальную (σ_1 -n), и тангенциальную (сдви-

говую) (σ_1 -t), где сдвиговая реализуется вдоль разломов, а нормальная – проявилась в области их динамического взаимодействия (рис. 7). Подобное явление наблюдается и севернее, в обрамлении Тонкинского залива, где позднекайнозойские правосторонние перемещения вдоль системы разломов Красной Реки происходили в обстановке СВ-ЮЗ направления сжатия (Phach, 2001; Phach, Que, 1999)

Таким образом, выявленное структурными исследованиями на нижних уровнях массива плато-базальтов северо-восточное (40°) сжатие является, по-видимому, локальным, проявленным в области содвигового растяжения при несоосном динамическом взаимодействии правых сдвигов на фоне субмеридионального регионального сжатия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного Фонда Вьетнама (проект № КС09.02.11-15).



Рис. 7. Распределение полей напряжений в плиоцен-четвертичное время. Составлено с использованием (Fyhn et al., 2009; Nielsen et al., 2007): σ_1 – генеральная ориентировка (вектор) современного (5–0 млн. лет) сжатия, и её составляющие, реализующиеся относительно сдвиговых зон: нормальная – σ_1 -n и тангенциальная (сдвиговая) – σ_1 -t; штриховка – область динамического взаимодействия несоосных правых сдвигов, стрелки – проявление северо-восточного (локального) сжатия; стрелки вдоль разломов – направление сдвиговых смещений. Пояснения в тексте.

Список литературы

- Касаткин С.А., Голозубов В.В., Фун Ван Фать, Ле Дык Ань.* Проявление кайнозойских сдвиговых дислокаций системы разломов Красной Реки в палеозойских карбонатных толщах острова Катба (Северный Вьетнам) // Тихоокеанская геология, 2014. Т. 33. № 3. С. 14-28.
- Шерман С.И., Борняков С.А., Семинский Ж.В и др.* Разломообразование в литосфере: Зоны сдвига. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 262 с.
- Allen C.R., Gillespie A.R., Yuan H. et al.* Red River and associated faults, Yunnan Province, China: Quaternary geology, slip rates, and seismic hazard // Geological Society of America bulletin. 1984. V. 95. № 6. P. 686-700.
- Fyhn M.B.W., Boldreel L.O., Nielsen L.H.* Geological development of the Central and South Vietnamese margin: Implications for the establishment of the South China Sea, Indochinese escape tectonics and Cenozoic volcanism // Tectonophysics. 2009. V. 478. Is. 3-4. P. 184-214.
- Hoang N., Flower M.F.* Petrogenesis of Cenozoic Basalts from Vietnam: Implication for Origins of a Diffuse Igneous Province // Journal of Petrology. 1998. V. 39. № 3. P. 369-395.
- Geological and Mineral Resources map of Vietnam on 1:200 000: Tuy Hoa (D-49-XXVI). Department of Geology and Minerals of Vietnam, Ha Noi, 1997.
- Gero W. M., Matthias B., Detlef A., Christoph R., Ewald R.* Crustal motion in E- and SE-Asia from GPS measurements // Earth Planets Space. 2000. V. 52. № 10. P. 713-720.
- Leloup Ph.H., Lacassin R., Tapponnier P., Schärer U. et al.* The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. // Tectonophysics. 1995. V. 251. № 1. P. 3-84.
- Nielsen L.H., Petersen H.I., Thai N.D. et al.* A Middle-Upper Miocene fluvial-lacustrine rift sequence in the Song Ba Rift, Vietnam: an analogue to oil-prone, small-scale continental rift basins // Petroleum Geoscience. 2007. V. 13. № 2. P. 145-168.
- Phach, P.V.* Tectonic Structure of the Red River Fault Zone // Journal of Geology. Series B. 2001, № 17-18. P. 54-64.
- Phach, P.V. Que, B.C.* Late Cenozoic tectonic activities in North Vietnam // Journal of Geology. Series B. 1999. № 13-14. P. 33-41.
- Replumaz A. Lacassin, R., Tapponnier P., Leloup P. H.* Large river offsets and Plio-Quaternary dextral slip rate on the Red River fault (Yunnan, China) // JGR. 2001. V. 106. B1. P. 819-836.
- Woodcock N.H., Fisher M.* Strike-slip duplexes // Journal of Struct. Geol. 1986. V. 8. №7. P. 725-735.
- Zuchiewicz W., Cuong N.Q., Yem N.T.* Tectonic geomorphology of Northern Vietnam: a case study of the Red River Fault Zone // Yem N.T. Tokarski A.A., Hoa T.T., Zuchiewicz W.A., Anh T.T., Świerczewska A., Cuong N.Q. (Eds). The Cenozoic geodynamics of northern Vietnam: special issue dedicated to the 10th anniversary of scientific research cooperation on geology between Vietnam and Poland (1999-2009). Hanoi: Publishing House of Natural Science and Technology, 2009. P. 11-49.

DISLOCATIONS OF PLIOCENE BASALTS IN SOUTH VIETNAM

Phung Van Phach¹, S.A. Kasatkin², Le Duc Anh¹, Nguyen Quang Minh¹, V.V. Golozubov²

¹Institute of Marine Geology and Geophysics VAST, Hanoi, Vietnam

²Far East Geological Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Basalts from the Vanhoa Plateau (South Vietnam) of the Pliocene (1.8-5.3 m.y.) age are located in the zone of dynamic influence of the East-Vietnam Border fault of the meridional strike. Within the lower levels of this plateau section the authors have revealed abundant steeply dipping rectilinear ruptures, on which displacers' surfaces the subhorizontal (about 10°) striation and sliding grooves are found ubiquitously. The structural paragenesis including the NNE right-lateral displacements and ENE left-lateral displacements shows the NE (40°) direction of the compression and, correspondingly, the dominant of the right-lateral displacements along the East-Vietnam Border fault in the Late Cenozoic time. This compression is probably local and manifested itself in the area of the co-fault extension at the non-co-axis dynamic interaction during the right displacements against the background of the submeridional regional compression.

Keywords: strike-slip dislocations, Pliocene, basaltic plateaus, South Vietnam.