

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ
ПРИ ОНЗ РАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН РАН)
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА



Российская Академия Наук

ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ-2025

Материалы LVI Тектонического совещания

Москва
ГЕОС
2025

УДК 549.903.55 (1)

ББК 26.323

Т 76

Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2025. Материалы LVI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2025. 674 с.

ISBN 978-5-89118-899-0

DOI 10.34756/GEOS.2025.17.39149

Ответственный редактор

К.Е. Дегтярев

На 1-ой стр. обложки:

*Асимметричные складки в породах ордовика в зоне сочленения
Северо- и Центрально-Таймырского поясов (бассейн р. Грустная)
(фото Д.А. Саранулова, 2024 г.)*

© ГИН РАН, 2025

© Издательство ГЕОС, 2025

Сопоставление мезозойско-палеогеновых офиолитов и активных разломов в Альпийско-Гималайском поясе

Рассматриваются соотношения расположения мезозойско-палеогеновых офиолитовых тел и активных разломов в азиатской части Альпийско-Гималайского пояса от Восточной Турции до Юго-Восточной Азии. Выделяются протяженные сутуры (последовательности офиолитовых тел и зон), которые являются реликтами земной коры и верхов мантии бассейнов с океаническим типом коры (с севера на юг) Палеотетиса, Мезотетиса (северной ветви Неотетиса по [3]) и Неотетиса.

Бассейны Палеотетиса заложены в начале карбона, а на севере Ирана – еще в девоне [7]. Их закрытие относят к середине триаса. Существование реликтов Палеотетиса в Северо-Анатолийской зоне разломов (NAFZ) [10] гипотетично. Восточнее реликты Палеотетиса прослеживаются от Северного Ирана (районы г. Решта и г. Мешхеда) через Хашрудскую зону Афганистана и Пшартскую сутуру Памира в сутуру Циньша (Jinsha) Восточного Тибета [1] и далее на юг до п-ва Малакка в виде Индо-Синийской сутуры.

Бассейны Мезотетиса заложены в триасе и закрылись в середине мела с проявлениями обдукции вплоть до кампана в Армении. В Анатолии реликтом Мезотетиса является сутура Измир–Анкара–Эрзинджан, продолжающаяся на восток офиолитами Базумского хребта и Севано-Акеринской зоны Армении. Им соответствуют Тарнакская офиолитовая зона Афганистана, сутура Шиок Каракорума и сутура Бангонг Тибета. Последняя продолжается в Юго-Восточную Азию сутурой Сагаинг до устья р. Иравади, где переходит в трансформно-рифтовую структуру Андаманского задугового моря.

Бассейны Неотетиса заложены в раннем мелу и закрылись в разных местах в интервале времени от маастрихта до эоцена. Реликтами Неотетиса являются сутуры Южного Тавра в Восточной Турции, покровный комплекс Семайл Омана, сутура Кветты на западном обрамлении Индийской платформы и зона Инда-Цангпо между Гималаями и Тибетом. Проявления Неотетиса заканчиваются в Ассаме на востоке Гималаев, где сменяются к югу современными структурами северо-востока Индийского океана и Зондской островной дуги.

¹ Геологический институт РАН, Москва, Россия

Своеобразное положение в описанной последовательности офиолитовых зон занимают сутуры Главного надвига Загроса и Северного Макрана. Соответствующие океанические бассейны заложились в триасе (в Макране достоверно не позднее ранней юры), т.е. одновременно с бассейнами Мезотетиса, и развивались до маастрихта и местами эоцена, как бассейны Неотетиса [8]. Иначе говоря, в этой части Тетиса бассейны Неотетиса наследовали бассейны Мезотетиса. В связи с этим возникает вопрос о восточном продолжении мезотетической Северо-Акеринской сутуры. В работе [5] приводятся данные о ее смещенном продолжении в зоне Тебризского разлома на северо-западе Ирана. Высказывалось предположение [3], что эта сutura продолжалась на восток вдоль южных подножий Эльбурса и Беналуда как трансформная зона, лишенная офиолитовых проявлений. Во всяком случае, представляется весьма вероятным, что Северо-Акеринская сutura соответствует задуговому бассейну Мезотетиса, тогда как проявлением главного бассейна Мезотетиса является офиолитовая зона Эрзурум–Хой, которая ответвляется от сутуры Измир–Анкара–Эрзинджан на юго-западе Эрзурумской впадины и продолжается на восток до юго-западного борта Араратской впадины и далее на юг, где смыкается с Южно-Таврской сутурой Неотетиса. Такому предположению противоречит то, что в зоне Эрзурум–Хой не обнаружено проявлений океанического осадконакопления раньше неотетического. Вопрос остается открытым.

Второй особенностью офиолитов Ирана является пояс неотетических офиолитовых зон, обрамляющих системы континентальных блоков Ярд–Лут [8]. Офиолитовые зоны цепочкой протягиваются вдоль западного края блока Ярд, продолжают на севере группой офиолитовых зон Сабзевар–Тарбат-е-Хейдарие и заканчиваются на востоке Систанской сутурой. Мы связываем образование и развитие соответствующих бассейнов океанического типа с последовательным северным дрейфом континентальной Индийской платформы, который в меловое время вызвал растяжение иранских блоков, отстававших в северном движении, а затем привел к закрытию новообразованных рифтовых бассейнов.

Кроме основных сутур и связанных с ними офиолитов, обдуцированных или вскрытых в тектонических окнах аллохтонного крыла зоны субдукции, выделены непротяженные офиолитовые тела, которые могут быть реликтами локальных бассейнов с океанической или субокеанической корой типа современных морей Сулу и Сулавеси на юго-востоке Азии.

Распространение офиолитов в земной коре зависит от геометрии изначальной зоны субдукции океанического бассейна, которую в первом приближении можно разделить на два типа. Индонезийский тип характеризуется очень пологим наклоном верхней части зоны поддвига и ее

крутым наклоном на значительном удалении от приповерхностной части. В этом случае офиолиты могут слагать широкую область континентальной коры и выходить на поверхность в больших тектонических окнах. Обычно такие соотношения возникают перед фронтом поддвигающейся плиты, где простирание фронта нормально к направлению поддвига. Этот тип распространения офиолитов характерен для Восточной Анатолии и, вероятно, области Центрального Памира, расположенной перед Пшартской палеотетической сутурой.

Характерным примером другого, более распространенного типа зон субдукции является Загросская сутура, представляющая край океанического бассейна, который на большей части его существования был ориентирован косо к направлению поддвига и имел преобладающую сдвиговую компоненту движений. С ней сходны сутура Сагаинг и соседняя с ней северная часть Зондской островной дуги, ориентированные косо к направлению поддвига Индийской плиты. К этому же типу, вероятно, принадлежат офиолитовые сутуры и зоны Тибета, простирающиеся вдоль современных сдвигов. Все офиолитовые зоны этого типа компактны и представляют зоны субдукции, у которых козырек был невелик и погружение под средним или крутым углом начиналось вблизи выхода зоны к земной поверхности. В верхней части земной коры таких областях офиолиты занимают ограниченное место между континентальными блоками.

Среди активных разломов рассматриваемой части Альпийско-Гималайского пояса доминируют сдвиги. Большинство активных разломов, параллельных тектонической зональности, совпадают с офиолитовыми зонами. Это относится не только к мезозойско-палеогеновым офиолитам, но и к позднепалеозойским, например, офиолитовым зонам Улуг-Музтаг и Аньемачен–Дурынгой на северо-востоке Тибета, вдоль которых простирается левый сдвиг Арнимакинг. Тела палеозойских офиолитов протягиваются и вдоль разломов Чангма-Килиан и Тайлузи на северо-восточной границе Тибета.

Наряду с ними существуют активные разломы, секущие и смещающие элементы тектонической зональности. Одно из крупнейших таких нарушений, Восточно-Анатолийская зона левых сдвигов (EAFZ) также располагается на офиолитовом субстрате, соответствующем пологой части неотетической зоны субдукции. Офиолиты присутствуют и в зонах других крупных секущих сдвигов, например, Каракорумского и Алтынтагского, вдоль которых протираются фрагменты офиолитовых зон, смещенных сдвигами.

Отмечены случаи уменьшения скоростей позднечетвертичных перемещений по разломам в сегментах, расположенных вне офиолитовых зон. Так, скорость позднечетвертичного сдвига по NAFZ составляет ~20 мм/год западнее сочленения с EAFZ, где NAFZ нарушает офиолитовый субстрат,

и сокращается до ~9 мм/год восточнее этого сочленения, где офиолиты отсутствуют [9]. Наибольшие скорости сдвига по Каракорумского разлому выявлены на юге, где вдоль разлома протягиваются фрагменты сутуры Бангонг, смещенной относительно сутуры Шиок Каракорума. Высокие скорости сдвига по Алтынтагскому сдвигу определены на отрезке, где к нему примыкает офиолитовая зона Улуг-Муздаг–Токуздабан. Наибольшие амплитуды смещений по NAFZ при Эрзинджанском землетрясении 26.11.1939 г. зафиксированы в поле офиолитов. Перемещения по разломам Чардак и Улуова при Эльбистанском землетрясении 06.02.2023 г. выше в офиолитах, чем в континентальных блоках между ними [2]. Три сильнейших сдвиговых землетрясения последних 100 лет в Восточной Анатолии, нарушающих офиолиты: Эрзинджанское 26.11.1939 г. с $M_w = 7.8$ [6, 11], Восточно-Анатолийское (Пазарчикское) 06.02.2023 г. с $M_w = 7.8$ [4] и Эльбистанское 06.02.2023 г. с $M_w = 7.5$ [2] отличаются протяженностью сейсмогенных разрывов (соответственно, 360 км, 361 км и 190 км) и величинами сейсмогенных смещений (7–8 м, до 8.5 м, до 7.8 м), превышающими рамки среднестатистических значений, характерных для аналогичных континентальных землетрясений [12]. При этом очаговые зоны этих трех землетрясений не выходят за пределы верхнекорового слоя, частично сложенного и подстилаемого офиолитами.

Таким образом, офиолитовый субстрат играет важную роль в неотектонической делимости, характере новейших деформаций и усиливают воздействия сильных землетрясений.

Литература

1. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: Тектоника и геодинамика в палеозое. Моссаковский А.А. (ред.). М.: ГЕОС, 2006. 215 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 570).

2. Трихунков Я.И., Челик Х., Ломов В.С., Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Каргиноглу Ю., Соколов С.Ю. Геологическая позиция, структурные проявления Эльбистанского землетрясения и тектоническое сравнение двух сильнейших сейсмических событий 06.02.2023 г. в Восточной Турции // Геотектоника. 2024. № 3. С. 108–126.

3. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир, 2001. 606 с.

4. Челик Х., Трихунков Я.И., Соколов С.А., Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Каргиноглу Ю., Юшин К.И., Ломов В.С., Бачманов Д.М. Тектонические аспекты Восточно-Анатолийского землетрясения 06.02.2023 г. в Турции // Физика Земли. 2023. № 6. С. 5–23.

5. Alavi M. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Iran // J. Geodynam. 1996. V. 21. № 1. P. 1–33.

6. *Barka A.A.* The North Anatolian fault zone. *Ann. Tectonicae*. 1992. Special Issue. Supplement to V. 6. P. 164–195.
7. *Moghadam H.S., Stern R.J.* Ophiolites of Iran: Keys to understanding the tectonic evolution of SW Asia:(I) Paleozoic ophiolites // *J. Asian Earth Sci.* 2014. V. 91. P. 19–38.
8. *Moghadam H.S., Stern R.J.* Ophiolites of Iran: Keys to Understanding the tectonic evolution of SW Asia: (II) Mesozoic Ophiolites // *J. Asian Earth Sci.* 2015. V. 100. P. 31–59.
9. *Şaroğlu F.* Age and offset of the North Anatolian fault // *METU J. pure and applied sci.* 1988. V. 21. N 1/3. P. 65–79.
10. *Sengör A.M.C.* The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia. *GSA Spec. Publ.* 1984. V. 195. 82 p.
11. *Trifonov V.G.* Using active faults for estimating seismic hazard // *J. Earthquake Prediction Res.* 2000. V. 8. N. 2. P. 157–184.
12. *Wells D.L., Coppersmith K.J.* New empirical relationship among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement // *Bull. Seismol. Soc. Amer.* 1994. V. 84. P. 974–1002.