

РЕЦЕНЗИЯ №2

на статью «ВНУТРИПЛИТНАЯ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ И ЮЖНОМ СЕКТОРАХ ТИХООКЕАНСКОЙ ЛИТОСФЕРНОЙ ПЛИТЫ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ»

авторского коллектива: Мирлин Е.Г., Лыгина Т.И., Чесалова Е.И.

Работа посвящена важной проблеме внутриплитной тектоники Тихого океана – анализу структурных трендов, образованных конусообразными формами рельефа, группирующихся вдоль протяженных разломных зон и их связи с кинематическими перестройками Тихоокеанской плиты. Хорошо известно, что изменения в простирании разломных зон – пассивных следов трансформных разломов фиксируют этапы кинематических перестроек в относительном движении плит, однако связь таких перестроек с проявлениями тектоно-магматической активности и ее морфологической выраженностью изучена крайне слабо. Это определяет актуальность исследуемой проблемы. Но особенно важен акцент данной статьи на связи кинематических перестроек с внутриплитной активизацией тектоно-магматических процессов.

В основе исследований лежит анализ набортных батиметрических и гравиметрических данных разной детальности, а также альтиметрических данных в северо-восточном и южном секторах Тихого океана.

В пределах Тихого океана обнаружено огромное количество конусообразных локальных вулканических морфоструктур разной высоты и объема. Выявление особенностей их распределения и анализ природы их образования составляют две главные задачи, поставленные авторами в своей работе.

Позднемеловые кинематические реорганизации относительного движения плит в Тихом океане достаточно подробно описаны авторами в своей работе. Они были инициированы последним этапом распада гондванских материков - отделением Австралии от Антарктиды (около 80 млн лет назад) и формированием новой дивергентной границы плит, продвигающейся вначале к север-северо-востоку, формируя Тихоокеанско-Антарктический хребет, затем, вплоть до настоящего времени, к северу (Восточно-Тихоокеанское поднятие). Эта глобальная кинематическая перестройка сопровождалась отмиранием старых границ плит и исчезновением ряда крупных литосферных плит (Фараллон, Феникс), от которых остались лишь небольшие фрагменты.

Перескоки оси спрединга, сопровождающие изменение кинематики плит фиксируются не только на участках между разломами Кларион и Клиппертон, Мюррей и Молокаи и в структуре хребта Математиков, но также и в палеоспрединговом хребте –Галапагосского поднятия (не путать с Галапагосским центром спрединга) с сопряженными структурами Бауэр и Антибауэр, и в палеоспрединговом хребте Алук с сопряженными структурами Генри и Гудзон.

Не совсем корректно говорить об изменении направления относительного движения Тихоокеанской плиты (стр. 3), так как в течении всей своей эволюции вплоть до настоящего времени акватория Тихого океана охватывала несколько литосферных плит (от трех – Изанаги, Фараллон, Феникс, в поздней юре, до 5-6 в более поздние периоды эволюции). Так, что изменение относительных движений одной из них, как правило, влекло за собой изменение скоростей и направлений движения других плит.

На основе ГИС-технологий авторами выявлены две группы конусообразных структур – хаотично распределенных и упорядоченные цепочки подводных гор, вытянутые вдоль линий различного простирания. Особый интерес, по мнению авторов, представляют конусообразные вулканические постройки пространственно и генетически связанные с трансформными разломами. Они образуют два структурных тренда. Первый связан с простиранием протяженных пассивных следов трансформных разломов Мендосино,

Меррей, Молокаи и др., а второй тренд, имеющий простирание ЗСЗ- ВЮВ, по мнению авторов, связан с более поздней системой спрединга (видимо ВТП) и приуроченным к ним трансформным разломам Ривера, Орозко, Сикейрос, Элтанин, Менард, Гаррет и др. Авторы справедливо отмечают явное плановое несогласие структурных трендов. Из этого наблюдения следует парадоксальный вывод о том, что разломы поздней генерации системы спрединга пересекаются с разломами, приуроченными к спрединговой системе более ранней генерации. Т.е. разломы, приуроченные к более молодой спрединговой системе ВТП и фиксируемые в структуре коры, сформированной на этом спрединговом хребте, продолжаются в пределы коры более древнего возраста, сформированной на спрединговом хребте Фараллон. Авторы отмечают такую закономерность как на северном сегменте ВТП, так и на южном. В связи с этим возникает вопрос: как это возможно? То, что максимальное сосредоточение конусообразных построек (параметр S) сосредоточено в местах пересечения различных структурных трендов как раз не удивительно. Эти места представляют собой области изначального заложения более нового молодого спредингового хребта ВТП, на более древней литосфере плиты Фараллон.

Удивительно другое, каким образом к зонам трансформных разломов, являющихся преимущественно амагматическими структурами во всех океанах или же к их пассивным участкам приурочено такое количество вулканических образований. Где располагается и с чем связаны питающие их магматические очаги?

Остается неясным, каким образом столь значительное количество внутриплитных вулканических структур оказывается связанным с кинематическими перестройками границ плит.

Дискуссионным является также вывод авторов о том, что «высокая расчлененность подводного рельефа в районе детальных исследований связана с вертикальными тектоническими движениями, которые обусловили образование субмеридиональных линейных гряд и сопровождалась вулканизмом». Если это действительно так, то какие магматические очаги питали эти вулканы и почему таких структур не наблюдается в других океанах?

Трудно объяснить наличие такого количества вулканических структур и\или повышенной проницаемости коры без привлечения функционирования плюма и даже суперплюма с многочисленными горячими точками, действие которых приводило к формированию крупных магматических провинций типа Онтонг Джава, или многочисленных линейных вулканических подводных хребтов. Тем более, что сами авторы отмечают, что «масштабы проявления внутриплитного вулканизма в СВ части Тихого океана весьма широки».

Вышеперечисленные положения, хотя и являются принципиальными, так как претендуют на объяснение геодинамической природы исследуемых структур и трендов, но в рамках статьи они носят скорее дискуссионный характер, так как трудно пока однозначно объяснить эти наблюдения.

Есть несколько замечаний, который легко устранимы.

1. Рис. 1, который почему-то отсутствует в тексте статьи в доработанном после рецензента №1, был достаточно информативен в общем плане и в плане нанесенных на нем значений параметра S. Если все же этот рисунок будет приведен в статье, то нужна ссылка на источник и хорошо бы показать на нем береговую линию Северной Америки.

2. На рис. 2 хребет Математиков следует отметить, как полеоспрединговый хребет. Этот факт обоснован еще в работе Mammerix, Sandwell, 1984, 1986 и многих других публикациях.

3. Не понятно, где расположены неотмеченные на карте конические холмы Феодосия, Филиппенко, Задорнова, указанные на стр. 9.

4. Можно было бы использовать не англоязычный термин пропегейтинг, и русское слово продвижение. Смысл от этого не меняется.

5. Все же следует разделять как в тексте, так и на рисунках трансформные разломы (т.е. активные границы плит) и их пассивные следы (т.е. разломные зоны, которые были – активными трансформными разломами в геологическом прошлом). Особенно в тех случаях, когда трансформные разломы в их активной фазе были приурочены к разным спрединговым хребтам (к дивергентным границам, разделяющим разные плиты): к ВТП – трансформные разломы Ривера, Орозко, Сикейрос и к хребту Фараллон – разломы Клариян, Клиппертон, Молокаи и др.

6. Теперь о названии. В нем указывается, что рассматривается изменение относительного движения Тихоокеанской плиты. Хотя даже в настоящее время в пределах Тихого океана находится по крайней мере четыре плиты: собственно Тихоокеанская, Наска, Кокос, Хуан да Фука и Антарктическая, а в геологическом прошлом еще и плиты Фараллон, Феникс, Изагаги и др. А изменение движения одной плиты, в частности Тихоокеанской, повлечет за собой и изменение в относительном движении и других, примыкающих к ней плит. Более корректным, на мой взгляд, могло бы быть такое название: «Внутриплитная вулканотектоническая активность в Северо-восточном и южном секторах Тихого океана в связи с изменением относительного движения плит».

Более серьезные замечания.

1. Для оценки изменения геометрии дивергентной границы авторы определяли изменение угловой скорости, с которой происходило изменение простирания трансформных разломов. Были определены средние значения угла между простиранием шести трансформных разломов ранней стадии кинематики (Агасси, Резольюшн, Острал, Маркизский, Галапагос и Клиппертон) и поздней стадии кинематики (Менард, Чилийский, Гаррет, Уилкис, Гебрада, Сикейрос). На наш взгляд эта операция не совсем корректна, так как разломы ранней генерации образовались в период функционирования спредингового хребта Тихоокеанский- Фараллон и разделяли одноименные плиты, а разломы второй генерации формировались после кинематической перестройки на совершенной других спрединговых хребтах и не являются продолжением системы разломов ранней генерации.

Так разлом Менарда сформировался на Тихоокеанско-Антарктическом хребте, разделяющим одноименные плиты, разломы Уилкис и Гебрада сформировались на южном сегменте ВТП, разделяющим Тихоокеанскую плиту и плиту Наска, а разлом Сикейрос – на северном сегмент ВТП, разделяющим плиты Тихоокеанскую и Кокос. Каждая пара плит имеет свои полюса и скорости вращения. Поэтому разломы поздней генерации не могут быть продолжением разломов ранней генерации и результатом поворота Фараллон-Тихоокеанского спредингового хребта.

Следовало бы пояснить, какой смысл авторы вкладывают в термин перестройка кинематики плит. Либо это поворот на некоторый угол простирания одного и того же спредингового хребта разделяющего пару плит Фараллон и Тихоокеанскую, тогда справедливо рассматривать и изменение простирания одной и тоже системы разломов в ранней и поздней стадии кинематики. Либо, изменения кинематики имело здесь следствием «перескок спредингового хребта», который сопровождался отмиранием спредингового хребта ТИХ-Фараллон, и формированием новой дивергентной границы плит (спредингового хребта ВТП), продвигающейся с юго-запада к север-северо-востоку.

Следы палеоспредингового хребта ТИХ-Фараллон фиксируются в структуре литосферы современной плиты Наска в виде сегментов (Селкирк, Роггевин. Гальего, Мендоза, Галапагосское поднятие) или в структуре литосферы современной Тихоокеанской плиты к западу от северного сегмента ВТП в виде палеоспредингового хребта Математиков.

Последняя версия, на наш взгляд, более вероятна, но она не предполагает изменение угла вращения спредингового хребта ТИХ-ФАР и изменения простирания одних и тех же трансформных разломов, как предполагают авторы в этой статье. Интересные выводы получили авторы по определению скоростей продвижения. При описании оценок по сегментным скоростям продвижения, полезно было бы привести рисунок с распределением магнитных аномалий, на основании которых эти оценки делались.

2. Трудно согласиться с мнением авторов, что в период от аномалии № М35 (161 млн лет) до аномалии № 33 (73.6 млн лет) резких перестроек дивергентных границ в Тихом океане не было. См., например, работы Seton, M., et al., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. Earth Sci. Rev. Wright N.M., Seton M., et al., The Late Cretaceous to recent tectonic history of the Pacific Ocean basin / Earth-Science Reviews 154 (2016) P. 138-173.

3. Не понятным остается последний вывод, сформулированный в заключении, особенно в части констатации, что «существенным фактором внутриплитной вулcano-тектонической активности является релаксация напряжений (КАКИХ?), обусловленных внешним воздействием (ЧЕГО?) на нее.

В целом представленная работа, несомненно, интересная соответствует профилю журнала «Океанологические исследования». Достоинством работы является описание морфоструктур в пределах полигонов детальных исследований и акцентирование внимания на закономерностях из строения и преобладающих трендов в региональном плане. В работе также акцентируется внимание на проблемах, которые являются дискуссионными и пока еще не нашли должного объяснения.

Авторам следует обратить внимание на сделанные замечания и, по возможности, смягчить или сгладить противоречивые положения.

Подпись: Рецензент №2 22.10.2021.

От редакции: рецензия была направлена авторскому коллективу.

Ответ рецензенту №2 на Рецензию от 22.10.2021 на статью авторского коллектива: Мирлин Е.Г., Лыгина Т.И., Чесалова Е.И. «ВНУТРИПЛИТНАЯ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ И ЮЖНОМ СЕКТОРАХ ТИХООКЕАНСКОЙ ЛИТОСФЕРНОЙ ПЛИТЫ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ».

Работая над исходным материалом к статье и его геологической интерпретацией, мы – ее авторы неоднократно задавали себе вопросы, близкие по смыслу тем, которые возникли у рецензента. В самом деле, как в рамках существующих концепций о строении океанской коры и литосферы можно объяснить возникновение весьма невысоких (их невозможно выделить по данным альтиметрии) и «молодых» (относительно возраста океанского фундамента) вулканических холмов Феодосия, Филиппенко, Задорнова (рис. 4)? Как могли образоваться еще более малые по масштабу вулканические постройки ЗСЗ простирания, осложняющие северную часть поднятия в пределах полигона детальных исследований (рис. 5)? Как можно объяснить возникновение очевидных следов «молодых» тектонических смещений в осадочном чехле РРР-ЖМК? Почему некоторые из отрезков трансформных разломов, принадлежащих одной спрединговой системе, совершенно амагматичны и проявлены лишь в виде эскарпов в рельефе дна, а другие трассируются скоплением вулканических подводных гор? Более того, мы ссылаемся на работы (Юбко, Лыгина, 2015, 2019), в которых приводятся убедительные данные о том, что вулканическая деятельность в пределах РРР-ЖМК сопровождалась гидротермальной активностью, что также требует объяснения. По мере анализа данных, пришло осознание того, что мы имеем дело с мало изученной проблемой вулканической и тектонической активности в относительно древней океанской литосфере; нам стало очевидно, что охватить все стороны этой проблемы в одной статье невозможно. В связи с этим в статье были поставлены более скромные задачи, перечисленные во введении к ней. Как мы поняли из рецензии, ее автор согласен с приведенными в ней фактами проявления вулcano-тектонической активности, их признаками, а также с необходимостью их геологического и геодинамического осмысления. Мы весьма признательны рецензенту, который не только отмечает

проблемный характер интерпретации выявленных нами внутриплитных явлений, но и предлагает идеи относительно их возможной природы. Так рецензент предполагает влияние плюма на природу внутриплитных вулканов, о которых говорится в статье. Заметим, что с самой сложностью объяснения причин их возникновения спорить не приходится, однако трудно представить себе наличие плюма, масштаб которого охватывает всю провинцию Кларион-Клиппертон. На всем пространстве она представляет собой однотипно устроенную систему из субмеридионально ориентированных локальных линейных поднятий и впадин, осложненных местами вулканическими структурами – признаков влияния плюма не наблюдается. Основные замечания рецензента относятся к возможному истолкованию вулcano-тектонических явлений.

Отметим, что задача поиска связи между внутриплитной вулcano-тектонической активностью и изменением относительного движения Тихоокеанской плиты возникла не умозрительно, а на основе рассмотрения эмпирического материала: совпадения выделенных нами структурных трендов с простираем трансформных разломов, относящихся к различным этапам движения плиты. Оговоримся: мы в статье констатируем пересечение не трансформных разломов (как можно понять из текста рецензии), а именно выявленных структурных трендов.

Определив задачи работы и проведя анализ данных, мы перебрали немало вариантов названия статьи; это было, отчасти, обусловлено и тем обстоятельством, на которое справедливо обращает внимание рецензент: изменение движения одной плиты однозначно сопровождается изменением движения ансамбля плит. В том числе мы рассматривали вариант названия, близкий к предложенному рецензентом «... в связи изменением относительного движения плит». Однако в этом случае нам было бы необходимо гораздо более подробно описывать кинематику всего ансамбля плит, уделять кинематическому аспекту много внимания, и нам просто не хватило бы места в статье (в соответствии с требованиями редакции журнала) для основного ее содержания: описания признаков вулcano-тектонической активности, методов ее выявления, особенностей состава и возраста вулканитов, и др.

По пунктам замечания (редакционные):

1. Рис. 1 в статье имеется, мы на него ссылаемся в тексте. Данные о параметре S на нем нанесены. Показ границы Северной Америки на данном рисунке, действительно, был бы уместен, но это привело бы к уменьшению масштаба всей его содержательной части, и так достаточно мелкой. В общем, это привело бы к затруднению в чтении содержательной части рисунка.

2. В условных обозначениях к рис. 2 Хребет Математиков показан именно как отмерший центр спрединга: обозначение №3.

3. Расположение холмов Филиппенко, Феодосии, Задорнова показано на рис. 4.

4. Пропагейтинг как термин употребляется только в отечественной научной геологической литературе. В любом другом издании использование этого термина было бы неуместно, мы с этим вполне согласны.

5. При подготовке рисунков №№ 1-3 мы пытались, как и рекомендует рецензент, показывать на них разными знаками активные и пассивные части трансформных разломов. Однако при этом возникает чисто техническая проблема: масштаб представления материала слишком мелкий для четкого прочтения этого различия (активные части разломов относительно короткие), а при увеличении масштаба рисунков мы просто «вылезем» за страницу текста.

6. Это замечание мы рассмотрели выше.

Замечания по содержанию:

1. В тексте статьи (стр. 18) мы обращаем внимание на тот факт, что трансформные разломы и структурные тренды, относящиеся к различным этапам движения Тихоокеанской плиты, образуют значительный угол. Этот факт свидетельствует о весьма существенном изменении направления относительного движения плиты. Разломы и их

продолжения в виде структурных трендов, относящиеся к одному и тому же этапу движения плиты, субпараллельны (рис. 1, 2, 3). Угол между этими структурными трендами (мы его определили - 26,8 градусов) в первом приближении можно принять за интегральную характеристику изменения направления движения плиты, что мы и сделали для последующих несложных подсчетов. Учитывая замечание рецензента, в тексте статьи мы оговорились, что произведенные нами оценки носят приближенный характер.

2. Работы, на которые ссылается рецензент, имеются в списке литературы, мы их изучали. Мы понимаем, что наше замечание относительно отсутствия резких перестроек дивергентных границ носит, отчасти, субъективный характер, и по этой причине мы удалили из текста статьи соответствующие предложения.

3. В соответствии с возникшими у рецензента вопросами мы внесли в заключительную часть статьи (и в аннотацию) соответствующие изменения.

Мы еще раз выражаем признательность рецензенту за полезные замечания, пожелания и советы.

С уважением, авторский коллектив. 26.10.2021.

От редакции: ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

Подтверждение Рецензента №2 на публикацию:

Добрый день.

Авторы, по возможности учли замечания, отмеченные в рецензии, дали в своем ответе соответствующие комментарии, а также внесли в текст ряд пояснений, сглаживающих некоторую дискуссионность проблемы и неоднозначную интерпретацию наблюдаемых данных.

Статья может быть рекомендована к публикации в журнале "Океанологические исследования".

Подпись. Рецензент №2. 28.10.2021.