

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

© 2005 Т.Ю. Тверитинова¹, А.В. Викулин^{2,3}

¹ *Московский государственный университет, Москва, Россия, tvertat@newmail.ru*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9, Россия, vik@kcs.iks.ru*

³ *Камчатский государственный педагогический университет, 683032, Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4*

Строение границ литосферных плит - зон сдвиговых деформаций, рассматривается как геологическое доказательство «собственного» (не Эйлера) вращения плит. Анализ особенностей структурных рисунков полей деформаций на геологических и тектонических картах подтверждает существование структур вихревого типа. Устанавливается существование имеющих разные характерные времена двух прямо пропорциональных зависимостей между скоростями движения литосферных плит и протяженностями их конвергентных и дивергентных границ. Получает свое дальнейшее развитие гипотеза о взаимосвязи вихревых процессов в тектоносфере с ротационно обусловленными волновыми движениями планетарного масштаба. Приводится обзор вихревых движений и обширная библиография.

ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ВИХРЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ

Развитие представлений о вихревых движениях материи достаточно подробно описано в (Борисов и др., 2003; Викулин, 2004а; Вихри..., 2004; Кудрявцев, 1956). Кратко основные исторические вехи сводятся к следующему.

Гипотезы, с помощью которых пытались объяснить вращательные движения вещества, возникали неоднократно. Первым, по-видимому, был И. Кеплер. Он еще в 1609 г. рисовал Солнце в центре мощного вихря, который разбрасывает планеты по их орбитам и заставляет вращаться вокруг Солнца. Идея же вихревых движений, как движений Материи, как системы Мира, была высказана Декартом в его главном сочинении «Начала философии», вышедшем в свет в 1644 г. «Мир Декарта - это материальный континуум, протяженная материя, или материальное пространство. ... Законы природы ... достаточны, чтобы заставить части материи распутаться и расположиться в весьма стройный по-

рядок. Декарт полностью разделяет учение о множестве миров и гением своего ума, рисует картину возникновения развития и сосуществования этих миров в таких чертах: из первоначального хаоса благодаря взаимодействиям частиц образовались вихри, каждый из которых имеет свой центр. ... Более массивные частицы вытесняются к периферии, сцепляются и образуют тела планет. Каждая планета вовлекается своим вихрем в круговое движение около центрального светила. ... Кометы имеют такую же структуру, как и планеты, принадлежат к переходящим, пограничным вихрям, переходя из одного мира в другой» (Кудрявцев, 1956, с. 147-150). Глубокий анализ проблем вихревой космогонии дал позднее И. Кант, а П. Лаплас построил на этой основе свою небулярную гипотезу (1796 г.), которая, по существу, и до сих пор находится в центре космогонических дискуссий, развиваясь и обогащаясь новыми теоретическими идеями и наблюдательными данными.

Задача прогноза погоды и, как следствие, проблема построения теории циклонов в

атмосфере привели в середине XIX в. к возрождению интереса к вихревой динамике. Труды Г.Л.Ф. Гельмгольца, У. Томсона (Кельвина), Г.Р. Кирхгофа, Б. Римана и других исследователей привели не только к существенно новым гидродинамическим результатам, вихревым атомам Кельвина, но и к созданию наиболее общей *вихревой теории материи* (Борисов и др., 2003).

В XX столетии процесс выдвижения гипотез, объясняющих природу вихревого движения, был продолжен. 20-е годы - первые работы Ли Сы-гуана по вихревым структурам земной коры (Lee, 1928). Эти представления в дальнейшем были развиты в работах (Мелекесцев, 1979; Слензак, 1972). В 50-х годах Г.А. Гамов, создатель в настоящее время общепризнанной теории горячей Вселенной, показал, что в распределении и движении галактик определенно «присутствуют» следы *догалактической турбулентности*. Относительно их происхождения он высказал предположение, согласно которому вихри имеют ту же природу, что и само космологическое расширение, т. е. существуют во Вселенной *изначально* - по сути, как и у Декарта и Канта-Лапласа.

В соответствии с данными, полученными уже в XXI веке, как показано в (Потапов и др., 2000), вращательными и вихревыми движениями пронизано все вещество в масштабах «от пули до Солнца». Спиральные галактики, которых большинство, более 70%, согласно (Фридман, 2005), имеют волновую солитонную структуру, и «Млечный путь, который мы видим в безлунную ясную ночь, есть малая область самой большой волны, которую человек способен разглядеть невооруженным глазом». В науках же о Земле на фоне «не успехов» Новой глобальной тектоники (Пушаровский, 2005; Спорные..., 2002) резко повысился интерес к проблеме вихревых структур в земной коре (Вихри..., 2004; Система..., 2003; Полетаев, 2005; Тектоника..., 2002).

ВИХРИ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Проблема вихревых структур в геологических процессах была впервые обозначена китайским ученым Ли Сы-гуаном в 20-х гг. XX века (Lee, 1928) и через 30 лет сформулирована им в качестве научной гипотезы в книге (Ли Сы-гуан, 1958), в которой на большом фактическом

материале обосновывается существование структур, являющихся, по мнению автора, результатом сдвигов, возникающих при вращении отдельных масс земной коры, и, видимо, по этой причине названных вихревыми. В последние годы появилось большое количество данных о существовании структур поворотного, крутильного, вихревого типов в геологической среде как Земли (Ван Беммен, 1991; Кац, Козлов, Полетаев и др., 1989; Кулаков, 1980; Мелекесцев, 1979, 2004 а,б; Мясников, 1999; Система..., 2003; Слензак, 1972; Тектоника..., 2002), так и других планет и их спутников (Мелекесцев, 2004 а, б; Maps..., 1989; Whithy, 1979). В соответствии с данными работ (Дмитриевский, Володин, Шипов, 1993; Слензак, 1972; Шипов, 2002), вихревые структуры и физические процессы, их объясняющие, должны, по сути, являться краеугольными камнями современной геодинамики.

Проблема происхождения вихревых систем литосферы подробно освещается в (Слензак, 1972). В этой же работе, в частности, отмечается, что «сходство вихревых образований атмосферы, гидросферы и литосферы не случайно, и в факте вращения Земли проблема генезиса вихревых образований имеет прочную основу для своего решения» (Слензак, 1972, с. 76). Из последних следует отметить работы (Вихри..., 2004; Полетаев, 2005), в которых приводится обзор современного состояния проблемы с описанием большого количества геологических структур вихревого типа.

Анализ полей деформаций на геологических и тектонических картах показывает, что образование таких вихревых структур в земной коре и их генезис являются прямым следствием геодинамических процессов. Совокупность данных: о расположении планетарных структур сжатия и растяжения (Роль..., 1997); о поле напряжений, по механизмам очагов землетрясений Евразии определенное как мегарегиональное (Гущенко, 1979); о геодезических (Рикитаке, 1970; Сато, 1984; Hashimoto, Tada, 1988) и светодальномерных (Давыдов и др., 1988) инструментальных измерениях, проведенных на больших базах; о движениях блоков Тихоокеанской сейсмофокальной зоны (Геологическая..., 1989; Daly, 1989; Geist et al., 1988; Nur et al., 1986), тектонических плит (Берсенев, 1964; Викулин, 1994; Жарков, 1983; Мелекесцев, 1979; Forsyth, Uyeda, 1975; Takeuchi, 1985), платформ (Полетаев, 2005) и других более

«мелких» геологических образований (Ван Беммелен, 1991; Полетаев, 2005), которые, в свою очередь, «пронизаны» перекрывающимися вихревыми планетарными структурами литосферы (Слензак, 1972) - прямо указывает на вращательный, крутильный и вихревой характер движения геологических структур планеты (Викулин, 2003; Вихри..., 2004; Маслов, 1996; Слензак, 1972).

Анализ большого количества тектонических данных показывает следующее. Согласно А.В. Лукьянову (1999), «если представить себе тектоническое течение в виде векторного поля скоростей (или перемещений) частиц тектоносферы, то самоорганизация приводит это поле к единому, сплошному, непротиворечивому структурному рисунку», в котором «находят свое место не только неоднородные деформации, но и *зоны с ненулевыми дивергенциями и вихрями*». При этом, уже почти полвека, как А.В. Пейве отметил (Лукьянов, 1999), что «каждый блок земной коры обладает как бы *самостоятельной «движущей силой», заключенной в нем самом*» (в обеих цитатах курсив наш). В работе (Слензак, 1972, с. 37-38) делается «важный вывод о *самостоятельности крупной вихревой системы*, как типа тектонической структуры литосферы, который не может быть создан внешними источниками движения в виде дрейфующих материков или смещений по планетарным разломам». Далее «перекрывание вихревых систем способствует образованию систем меньшего размера, соединяя в новые вихри отрезки больших дуг крупных систем» (Слензак, 1972, с. 43). При этом «непосредственное изучение пород свидетельствует о формировании вещества», слагающего вихревые системы, «в твердом состоянии на месте и за счет вещества верхней мантии» (Слензак, 1972, с. 98).

Проведенный в (Викулин, 2004а) анализ движений, наблюдаемых в Природе во всем пространственно-временном масштабе от элементарных частиц (имеющих спин) до галактик и их скоплений, подтверждает саму суть «геотектонических» наблюдений и обобщений А.В. Пейве и А.В. Лукьянова (Лукьянов, 1999) и О.И. Слензака (1972). Такие наблюдения и обобщения, согласно представлений Декарта, Канта-Лапласа, Кельвина и Гамова, фактически, предписывают структурным элементам геологической среды, как части Материи, на разных пространственно-временных масштабах, вращающейся независимо от физического

состояния слагающего ее вещества, иметь собственный момент количества движения. На основании этих данных поворотные, закрученные спиралеобразные (по (Ли Сы-гуан, 1958) вихревые) структуры, их формирование и развитие в пространстве и во времени, взаимосвязь друг с другом («самоорганизация»), по мнению авторов, основанному на данных Ли Сы-гуана (Ли Сы-гуан, 1958; Lee, 1928), А.В. Пейве и А.В. Лукьянова (Лукьянов, 1999), О.И. Слензака (1972), А.Н. Дмитриевского с соавторами (1993), А.И. Полетаева (2005), сборников (Вихри..., 2004; Система..., 2003; Тектоника..., 2002) и других, являются следствием «собственных» вращательных движений слагающих геологическую среду блоков, плит и их образований.

Наличие вихревых структур в литосферах Земли, других планет и их спутников естественным образом продолжает и «замыкает» цепочку такого рода движений вещества при разных физических состояниях.

Следует отметить следующее. Согласно данным работы (Викулин, 2003), в понятие «собственное вращательное движение» мы вкладываем смысл, по сути, близкий спину, который имеет любая достаточно малая частица вещества (элементарная частица, атом, молекула) в течение всей своей «жизни». Данные физического плана, подтверждающие такую гипотезу, содержатся в работах (Дмитриевский и др., 1993; Потапов и др., 2000; Шипов, 2002). Поэтому «самостоятельную движущую силу, заключенную в самом» блоке (Лукьянов, 1999), и «самостоятельность вихревой системы» (Слензак, 1972) мы также связываем с «собственным вращательным моментом». Очевидно, что используемое нами понятие «собственного вращательного движения», в принципе, отличается от Эйлерового вращения, соответствующего поступательному перемещению вдоль сферической поверхности.

СТРОЕНИЕ ГРАНИЦ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ КАК ЗОН СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

«Закрученные» структуры на геологических и тектонических картах разного масштаба часто проявляются в виде разновозрастных систем сдвиговых деформаций, которые наблюдаются и вдоль границ структур, и в пределах их внутренних областей в виде спиралевидных (кольцевых или дуговых) и вихревых (в том

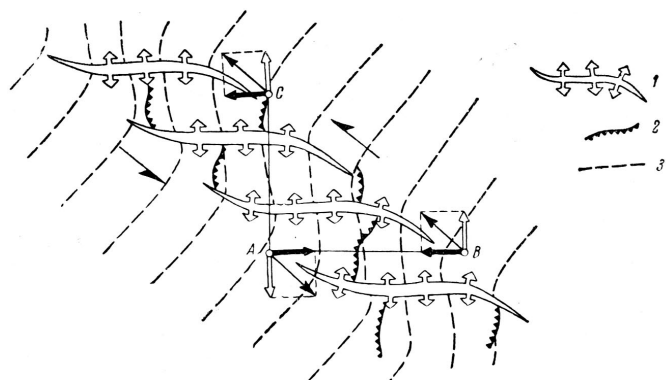


Рис. 1. Схема строения зоны сдвиговых деформаций по (Буртман, Лукьянов, Пейве и др., 1963). 1 — структуры растяжения; 2 — структуры сжатия; 3 — объекты, бывшие прямолинейными до сдвигания. Растягивающие напряжения показаны белыми стрелками, сжимающие — толстыми черными стрелками.

числе радиальных) структурно-кинематических и тектодинамических рисунков.

Повсеместно наблюдающиеся на геологических и тектонических картах чередования разномасштабных структур растяжения или сжатия в виде определенных систем, очевидно, можно рассматривать как региональные, мегарегиональные и планетарные зоны сдвиговых деформаций (рис. 1).

К мегарегиональным зонам сдвиговых деформаций по своему строению (Структурная..., 1991; Хаин, Ломизе, 1995; Tveritina, 1995) можно отнести как дивергентные границы литосферных плит (кулисные последовательности рифтовых долин, сочленяющихся посредством трансформных разломов), так и конвергентные границы плит (кулисные последовательности структур сжатия — «элементарных» зон субдукции или горно-складчатых сооружений), сочленяющихся посредством поперечных структур преимущественно сдвигового типа (рис. 2). Наиболее характерным примером глобальной правосдвиговой зоны может являться рифтовая система Атлантического океана (рис. 2а). Строение этой системы может быть объяснено вращением против часовой стрелки Северо-Американской и Евразийской плит в северном полушарии и Южно-Американской и Африканской плит — в южном. Такое движение плит подтверждается данными о планетарных вихревых системах литосферы, большая часть которых также «закручена» против часовой стрелки (Слензак, 1972). Примером левосдвиговой зоны может являться конвергентная система Средиземноморско-Гима-

лайского альпийского складчатого пояса — зона левостороннего Тетического кручения (Кэрри, 1991) (рис. 2б), строение которой не может быть объяснено только одним поперечным сжатием и требует привлечения механизма левостороннего сдвига или вращения по часовой стрелке плит северного полушария относительно плит южного.

Тип структурных рисунков полей деформаций, характерных для границ литосферных плит, вследствие пространственно-временных неоднородностей структуры литосферы, может быть определен не всегда однозначно. В-первых, наблюдаемые поля деформаций могут быть «локальными» структурами, отражающими «жизнь» данной зоны на всех предшествующих этапах ее развития, что, например, наблюдается для Тихоокеанского подвижного пояса (Вихри..., 2004; Tveritina, 2004). Во-вторых, в одной и той же зоне в различных сочетаниях одновременно могут проявиться несколько механизмов деформаций геологической среды, которые могут быть связаны как с автономным развитием некоторых отдельных планетарных структур, так и с «глобальными» деформациями, характерными для всей литосферы в целом. Поэтому вдоль одной и той же литосферной границы (например, глобальной конвергентной зоны) мы часто можем видеть одновременно присутствие сходно ориентированных структур и растяжения и сжатия. Примерами зон с такими полями деформаций могут служить как Тихоокеанский, так и Средиземноморский подвижные пояса. Тип структурных рисунков полей деформаций, наблюдаемых в пределах практически всех крупных планетарных зон (литосферных границ), очень сильно зависит также и от ориентировки этих зон, что связано с влиянием общепланетарного поля напряжений с механизмом полярного меридионального сжатия (Расцветаев, 1980). На участках северо-восточного (СВ) простираения большинства границ литосферных плит (и любых других дизъюнктивных неоднородностей планетарного масштаба, например, внутриконтинентальных складчатых поясов) закономерным является присутствие признаков левосдвиговых смещений, на участках северо-западного (СЗ) простираения — правосдвиговых.

Дивергентные границы плит, т.е. срединно-океанические хребты (СОХ), обнаруживают признаки как правосдвиговых, так и левосдвиговых смещений. На участках СОХ, имеющих

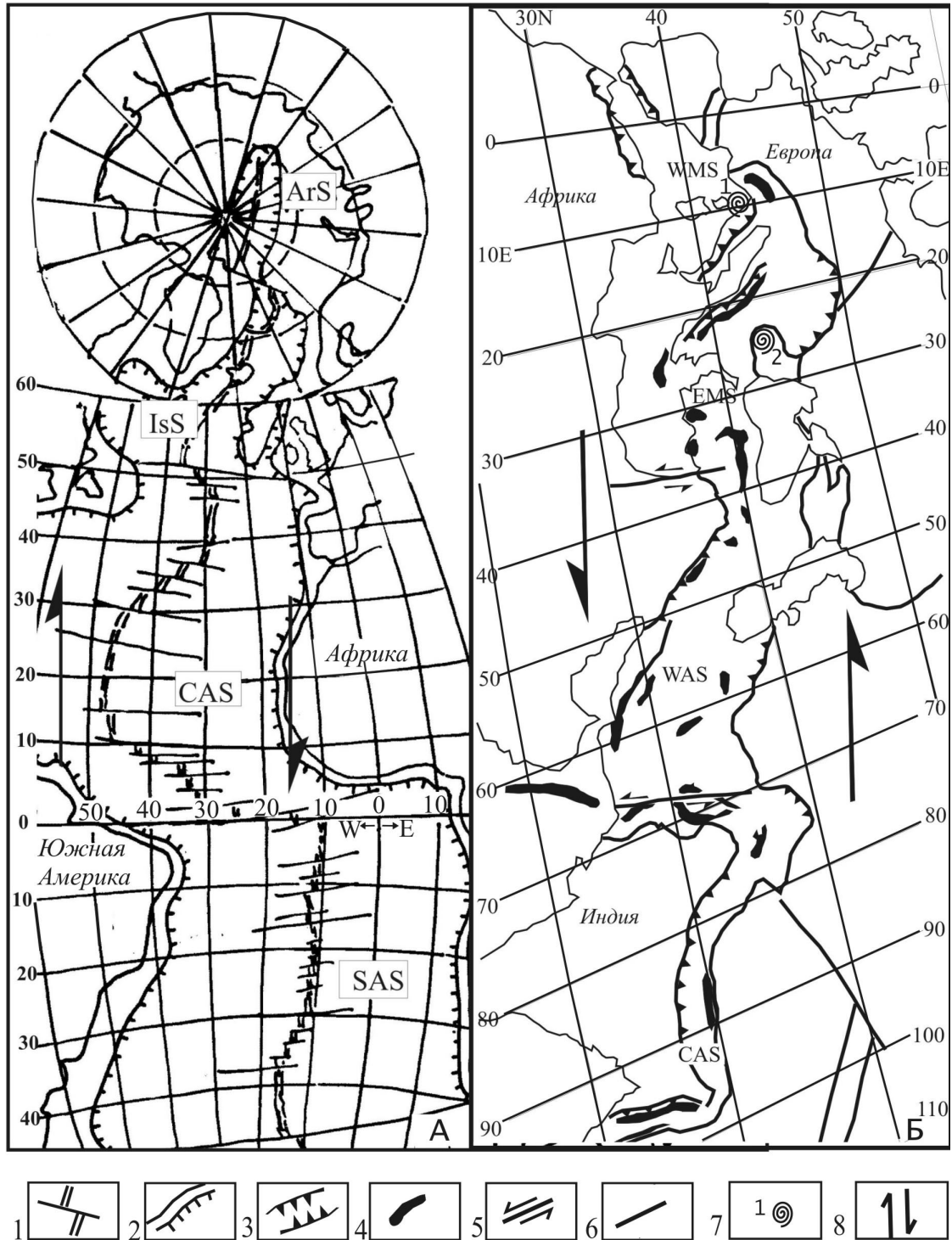


Рис. 2. Срединно-Атлантическая рифтовая зона как планетарная зона правого сдвига (А) и Средиземноморско-Гималайский альпийский пояс как планетарная зона левого сдвига (Б): 1 – рифтовая зона и трансформные разломы; 2 – граница континентальной и океанической коры; 3 – краевые надвиги Средиземноморско-Гималайского альпийского пояса; 4 – главные офиолитовые сутуры; 5 – крупные континентальные сдвиги; 6 – прочие крупные разломы; 7 – вихревые складки Генуя (1) и Дунай (2) по (Ван Беммелен, 1991); 8 – направление смещения граничных блоков – плит. Буквами обозначены сегменты Срединно-Атлантического пояса: ArS – Арктический, IsS – Исландский, CAS – Центрально-Атлантический, SAS – Южно-Атлантический; Средиземноморско-Гималайского пояса: WMS – Западно-Средиземноморский, EMS – Восточно-Средиземноморский, WAS – Западно-Азиатский, CAS – Центрально-Азиатский.

СЗ ориентацию, наблюдаются, в основном, правосдвиговые смещения, а на участках СВ ориентации - как левосдвиговые, так и правосдвиговые. Следует отметить, что преобладание в рифтовых зонах правосдвиговых смещений над левосдвиговыми носит достаточно общий характер. Такое поле деформаций может, например, быть результатом общего меридионального латерального сжатия Земли (в условиях которого формируются правые сдвиги СЗ и левые сдвиги СВ ориентаций) и одновременно результатом действия специфического механизма, который бы и мог определять формирование правосдвиговых смещений в участках с различной ориентировкой. Таким механизмом могло бы быть левостороннее кручение, которое наблюдается у большинства литосферных плит в виде вращения внутриконтинентальных блоков литосферы - древних кратонов в качестве их ядер и собственно в виде формирования зон сдвиговых деформаций по их границам.

В условиях меридионального сжатия тип деформаций в конвергентных зонах, в зависимости от ориентировки тех или иных их участков, должен быть различным. Вместе с тем, вдоль двух главных конвергентных зон (Тихоокеанского и Средиземноморского подвижных поясов), вне зависимости от существования механизма меридионального сжатия, наблюдаются левосдвиговые смещения. Объяснить наблюдаемую картину деформаций можно, например, с помощью предлагаемой нами гипотезы об общепланетарном правозакрученном полярном вихре (рис. 3). Наиболее выразительно такая планетарная вихревая структура, на наш взгляд, должна проявляться, во-первых, в виде приэкваториальной зоны левосдвигового Тетического кручения, что подтверждается данными работы (Кэрри, 1991). Во-вторых - в виде левосдвиговых зон широтного простираения в более высоких широтах, например, в целом левосдвиговой организацией рифтовых систем Южно-Антарктического (Циркумантарктического) океана. В-третьих - формированием системы меридионально ориентированных структур сжатия (горно-складчатых сооружений, зон субдукции) и растяжения к северу и к югу от приэкваториальной Тетической сдвиговой зоны с преобладанием структур сжатия в северном полушарии и структур растяжения (рифтовых систем) - в южном. В-четвертых - непосредственно в преобладающей северо-западной ориентировке форм поверхности яд-

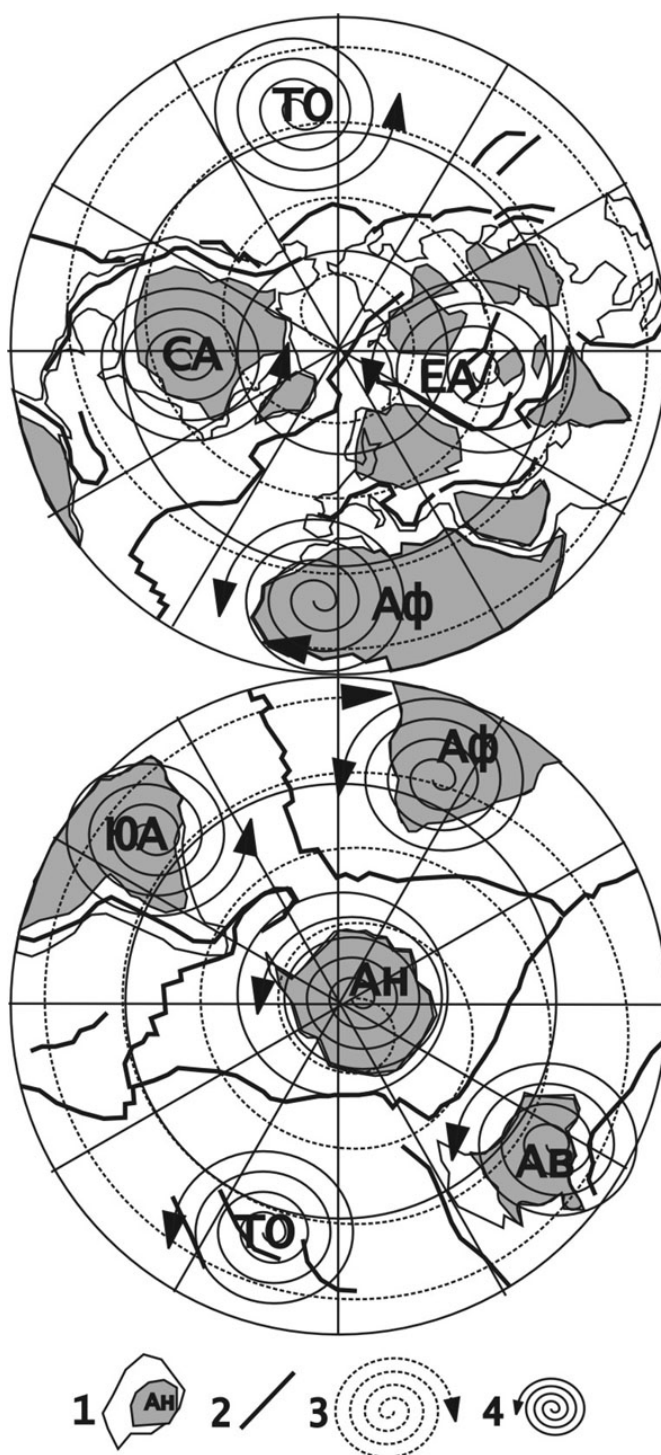


Рис. 3. Система литосферных плит и связанные с ними вихревые структуры. 1 – контуры континентов и древние платформы в их пределах; 2 – линейные структуры сжатия и растяжения по границам литосферных плит; вихревые структуры; 3 – полярный правозакрученный вихрь; 4 – литосферные левозакрученные вихри. Литосферные плиты: СА – Северо-Американская; ЮА – Южно-Американская; ЕА – Евразийская; Аф – Африканская; Ан – Антарктическая; ТО – Тихоокеанская, Ав - Австралийская.

ра и геоида (Morelli, Dzevonsky, 1987; Reigber et al., 1983). Имеющиеся тектонические данные Э. Крауса по экваториальным «нарушениям средиземноморья Тихоокеанской и Атлантической зон» в виде двух спиралеобразных траекторий, «вдоль которых имеет место более значительное движение сиала на восток в южном полушарии, чем в северном» (Бондарчук, 1961, с. 343), достаточно убедительно подтверждают нашу гипотезу о правозакрученном планетарном вихре. В рамках такой гипотезы, именно правозакрученный полярный вихрь планетарного масштаба и должен вызывать ответное левостороннее кручение ансамбля всех литосферных плит.

О ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПЛИТ

Интересные данные о вращательном движении самой большой (с характерным «радиусом», измеряемым вдоль поверхности Земли $R \approx 10^4$ км) на планете Тихоокеанской плиты приведены в (Маслов, 1996). Согласно А. Такеучи (Takeuchi, 1986, 1986), с середины олигоцена по настоящее время имели место пять перестроек регионального поля напряжений, которые характеризовались изменениями его

величины и ориентации (рис. 4). Периодам 30-23, 16-13, 6-0 млн. лет отвечает субширотное сжатие (Р); периодам 22-17, 12-7 млн. лет - субширотное растяжение (Т). На этом же рисунке приведена кривая угловых осцилляций вектора скорости Тихоокеанской плиты, полученная в работе (Jackson et al., 1975). В этой же работе показано, что вектор движения Тихоокеанской плиты, определяемый простиранием Гавайской вулканической цепи (составляющее примерно 70° с направлением на север), испытывает периодические повороты по и против часовой стрелки. В результате, Тихоокеанская плита совершает знакопеременные вращательные движения с центром в Гавайской горячей точке. Амплитуда угла вращения по (Takeuchi, 1986) составляет примерно 10° , что на радиусе, соединяющем о. Гонолулу с Тихоокеанским подвижным поясом, равносильно смещениям до нескольких сотен километров (Маслов, 1996).

Убедительные комплексные геолого-геофизические данные о вращении Микроплиты Пасха ($R \approx 200$ км, 25° ю. ш.), расположенной на гребне Восточно-Тихоокеанского поднятия между плитами Наска, на западе, Пасифик, на востоке, приведены в (Геолого..., 2003, с. 56). Вихревой характер движения этой микроплиты отчетливо прослеживается на тектонической

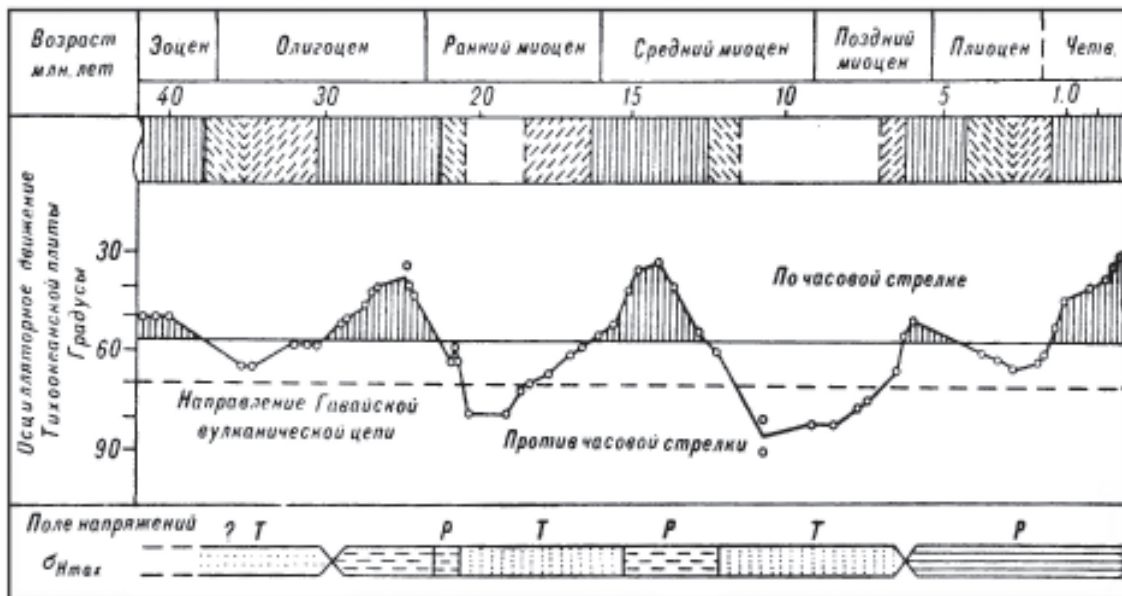


Рис. 4. Изменение регионального поля напряжений о. Хонсю во времени по (Маслов, 1996). Р, Т — девиаторное сжатие и растяжение соответственно. Приведена кривая угловых осцилляций вектора скорости Тихоокеанской плиты по (Jackson et al., 1975). Вертикальная штриховка на графике указывает на кульминационные моменты эпизодов вращения по часовой стрелке, фиксируемые фазами изменения тектонических напряжений в пределах Тихоокеанского пояса.

схеме, построенной по механизмам очагов землетрясений, данным батиметрической карты и карт остаточных аномалий магнитного поля и аномалий силы тяжести в свободном воздухе. Микроплита вращается против часовой стрелки со «скоростью около 15^0 /млн. лет и уже повернулась почти на 90^0 со времени своего образования». Следы вихревых движений отчетливо проявляются на батиметрической карте и карте аномального магнитного поля микроплиты Хуан-Фернандос ($R \approx 150-200$ км, 33^0 ю.ш.), которая расположена на гребне Восточно-Тихоокеанского поднятия на 500 км южнее плиты Пасха на стыке трех плит Наска, на западе, Пасифик, на востоке, и Антарктической, на юго-западе (Геолого..., 2003, с. 57).

На вращение Исландии ($R \approx 10^2$ км) по часовой стрелке со скоростью $7^0(\pm 2)/10-20$ тыс. лет указывает изменение ориентировки доледниковых и послеледниковых зон трещинных извержений в Южной части острова (Мелекесцев, 1979, 2004). Вихревые складки ($R \approx 10^2$ км) Генуя (против часовой стрелки) и Дунай (по часовой стрелке), расположенные в пределах горных дуг Альпийской системы (рис. 2б), отмечены в (Ван Беммелен, 1991).

Примеры поворотов Восточно-Европейской платформы ($R \approx 1.2 \times 10^3$ км) против часовой стрелки в ордовике и триасе, Сибирской платформы ($R \approx 1.5 \times 10^3$ км) по часовой стрелке в триасе, юре и мелу, Омолонского массива ($R \approx 150$ км), по отношению к Сибири, наоборот, против часовой стрелки с конца юры до начала раннего мела, и вращений «отщепов» террейна Горного Крыма ($R \approx 70-100$ км) на 15 градусов против часовой стрелки в титонское время, восточного крыла северной части Левантской зоны ($R \approx 400$ км) по часовой стрелке в плиоцен-четвертичное время приведены в работе (Полетаев, 2005). При этом для докембрия установлено «существование...вихревых систем литосферы, объединяющих в качестве своих элементов различные структуры земной коры и верхней мантии...размеры их...до 10-12 тыс. км в диаметре ($R_{\max} \approx (5-6) \times 10^3$ км) и в виде зон глубинных разломов они проникают на глубину до 700 км и более» (Слензак, 1972, с. 4).

Как видим, вращательное и вихревое движение тектонических плит, платформ и массивов разных пространственных масштабов имеет достаточно общий характер, наблюдается в течение разных геологических эпох и затрагивает практически всю верхнюю мантию.

На вращение Индийской плиты ($R \approx 4 \times 10^3$ км) убедительно указывают данные по миграции очагов землетрясений как Австралийского материка (Викулин, 1994), так и сейсмического пояса, протягивающегося вдоль Океании в сторону Гималаи (Mogi, 1968), в пределах которого 26.12.2004 произошло землетрясение с $M \approx 9$ и катастрофическое цунами. Миграция очагов землетрясений вдоль всей окраины Тихого океана и отдельно взятых островных дуг и континентальных окраин - явление достаточно широко известное, оно, после пионерских работ Р.З. Тараканова (1961), С. Дуды (Duda, 1963) и К. Моги (Mogi, 1968), отмечалось многими и многими исследователями (Викулин, 2001). Более того, эффект миграции землетрясений установлен для всех сейсмически активных поясов, и показано, что он является характерным свойством планетарного сейсмического процесса (Викулин, 2003). По этой причине эффект миграции очагов землетрясений, несомненно, должен быть связан с механизмом образования смещений вдоль границ плит. Согласно (Маслов, 1996), в масштабах геологического времени землетрясения, многократно обегая Тихий океан, в результате накопления остаточных деформаций могут обеспечить наблюдаемую амплитуду смещения, которая, как отмечалось выше, составляет несколько сот километров. Именно по этой причине циклическая миграция очагов землетрясений может и сопровождать смещение всего Тихоокеанского сегмента, и в определенной степени его обеспечивать.

Полная подборка данных о миграции тихоокеанских землетрясений представлена в (Викулин, 2001). Оказалось, что вся совокупность этих данных может быть интерпретирована в виде солитонных (soliton, S) и экситонных (exciton, E) решений «сейсмического» модельного нелинейного уравнения син-Гордона, волновые свойства которого обусловлены ротацией планеты Ω (Викулин, 2003). При этом энергии волновых миграционных решений E и величины их скоростей V оказались взаимосвязанными в рамках типичных для таких «геофизических» (Быков, 2000) нелинейных (Давыдов, 1982) уравнений соотношений:

$$E_S \approx V_S^n, V_S < c_0(\Omega), \quad (1)$$

$$E_E \approx V_E^p, V_E > c_0(\Omega), \quad (2)$$

$$\text{где } c_0(\Omega) \approx 1 \text{ см/сек}, n = 4 - 5, p = 2 - 3. \quad (3)$$

Миграция землетрясений является характерным свойством сейсмического процесса, протекающего в пределах всех сейсмических поясов планеты (Викулин, 2001, 2003; Mogi, 1968). Поэтому волновые ротационно обусловленные решения (1) - (3), установленные для тихоокеанского пояса, должны быть характерными для границ всех тектонических плит.

ЭНЕРГИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Энергия тектонического процесса, очевидно, определяется (массами) размерами L плит (и блоков) и скоростями V их движения. Из самых общих соображений следует, что существование зависимости $L(V)$ является принципиальным моментом, по сути, определяющим физику механизма перемещения тектонических плит вдоль поверхности Земли. Действительно, в случае существования зависимости между такими (вообще говоря, векторными) величинами, однозначно определяющими величины энергий движущихся плит, появляются все основания для предположения о моментной природе тектонического процесса, протекающего на вращающейся планете.

В такой плоскости вопрос об энергии тектонического процесса ранее не ставился. Однако в неявном виде анализ особенностей про-

явления тектонической энергии проводился. Действительно, во-первых, в настоящий момент вопрос о существовании зависимости $L(V)$ является проблематичным: имеются аргументы как против (Кукал, 1987), так и за (Ле Пишон, 1974; Морган, 1974). Во-вторых, аргументом в пользу моментной природы тектонического процесса на Земле, на наш взгляд, является установленная корреляция между «средним полярным расстоянием плит» и скоростями субдукции (Жарков, 1983; Forsyt, Uyeda, 1975) и спрединга (Жарков, 1983; Морган, 1974).

Анализ имеющихся в нашем распоряжении данных о размерах плит и скоростях их движения вдоль границ за последние 150 млн. лет позволил получить следующие результаты (Викулин, Тверитинова, 2004). Во-первых, по совокупности всех ($N=6I$) имеющихся в нашем распоряжении данных о протяженностях зон и скоростях субдукции (табл. 1, $N_1 = 12$; табл. 2, $N_2 = 17$), рифтинга и спрединга (табл. 3; $N_3 = 5$; табл. 4; $N_4 = 24$; табл. 5; $N_5 = 3$) в их пределах, статистически значимая зависимость $L(V)$ не выявляется: поле экспериментальных точек на плоскости с осями $L-V$ в диапазонах размеров $650 < L$ [км] < 18000 и скоростей $5 < V$ [мм/год] < 112 равномерно заполняет площадку примерно круговой формы (рис. 5а). Во-вторых, анализ только данных о скоростях рифтинга и спрединга (РС-данные), представленных табл. 3 и 4

Таблица 1. Значения скоростей субдукции (Кукал, 1987, с. 41).

N п. п.	Область	Пододвигание литосферных плит	Длина зоны, L, км	Скорость субдукции, V, мм/год
1	Курилы Камчатка, Хонсю	Тихоокеанская под Евразийскую	2800	75
2	О-ва Тонга и Кермадек, Новая Зеландия	Тихоокеанская под Индийскую	3000	82
3	Центральная Америка и Мексика	Кокос под Северо-Американскую	2800	95
4	Алеутские о-ва	Тихоокеанская под Северо-Американскую	3800	35
5	Ява, Суматра, Бирма	Индийская под Евразийскую	5700	67
6	Южные Сандвичевы о-ва	Южно-Американская под Скоша	650	19
7	Карибское море	Южно-Американская под Карибскую	1350	5
8	Эгейское море	Африканская под Европейскую	1550	27
9	Соломоновы о-ва, Новые Гибриды	Индийская под Тихоокеанскую	2750	87
10	О-ва Бонин и Марианские	Тихоокеанская под Филиппинскую	4450	12
11	Иран	Аравийская под Евразийскую	2250	45
12	Индия	Индийская под Евразийскую	(2700)	55

Примечание. Значение в скобках – определение длины зоны, принятое в расчетах авторами этой статьи.

Таблица 2. Параметры зон субдукции по данным работы (Гатинский и др., 2000).

№№ п.п.	Зона субдукции	Длина островной дуги над зоной субдукции, L, км	Скорость субдукции V, см/год	Возраст коры погружающейся плиты / номера линейных магнитных аномалий в ней	$T_1 - T_2 = \tau$, млн. лет тому назад
1	Восточно-Алеутская	1625	5.8-6.4	палеоцен - эоцен / 18-24	54 - 43 = 11
2	Западно-Алеутская	1000	7.7	палеоцен - эоцен / 20-26	59 - 45 = 14
3	Северо-Курильско-Камчатская	1125	8.3	ранний - поздний мел / 30-M0	119 - 67 = 52
4	Южно-Курильская	950	9.5	ранний мел / M1-M5	128 - 123 = 5
5	Японская (северная часть)	1700	9.5-10.3	ранний мел / M5-M16	145 - 128 = 13
6	Японская (южная часть)	875	6.2	палеоцен - средний миоцен / 6-22	51 - 20 = 31
7	Рюкю	1100	5.2-6.5	палеоцен - эоцен / 18-21	49 - 43 = 6
8	Филиппинская (южная часть)	1000	7.0-9.3	палеоцен -эоцен / 18-22	51 - 43 = 8
9	Идзу-Бонинская	1380	4.7-7.7	поздняя юра – ранний мел / M5-M21	154 - 128 = 26
10	Марианская	3000	3.1-3.8	поздняя юра / M21-M32	169 - 154 = 15
11	Западно - Зондская	3000	6.0-6.7	эоцен - ранний мел / 20-M4	128 - 45 = 83
12	Восточно - Зондская	2250	7.6-8.0	поздняя юра / M16-M26	163 - 145 = 18
13	Новая Британия и Соломоновы о-ва	2400	10.3	палеоцен - плиоцен / 2-26	59 - 2 = 57
14	Новые Гебриды	2000	8.5	эоцен - средний миоцен / 9-23	53 - 30 = 23
15	Тонга - Кермадек	3250	5.5-9.3	поздняя юра – ранний мел / M0-M16	145 - 119 = 26
16	Анды	9000	7.4-15.4	эоцен - средний миоцен / 5-22	51 - 10 = 41
17	Центральная Америка и Мексика	3125	6	средний миоцен - четвертичный / 1-6	20 - 1 = 19

Примечание. Данные в последнем столбце (временные интервалы T_1-T_2 и их продолжительности τ) определены авторами этой статьи по приведенным в таблице номерам магнитных аномалий в соответствии с данными работ (Харленд и др., 1985; Хейцлер и др., 1974).

($N=29$) и на рис. 5б, позволяет достаточно уверенно выявить следующую статистически значимую зависимость:

$$Lg L_1 [\text{км}] (\pm 0.33) = (0.43 \pm 0.15) Lg V_1 [\text{мм/год}] + (3.17 \pm 0.26). \quad (4)$$

В-третьих, по достаточно представительным (с числом данных 4 и более: строки 2-5 в табл. 3

и столбцы в 2-5 табл. 4) совокупностям РС-данных, представленных данными в пределах меньших по продолжительности интервалов, определяются близкие друг другу зависимости (табл. 6):

$$Lg L_2 [\text{км}] (\pm 0.3) = (0.7 \pm 0.3) Lg V_2 [\text{мм/год}] + (2.9 \pm 0.5). \quad (5)$$

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР

Таблица 3. Скорости раскрытия современных океанов, определенные по «Тектонической карте мира» масштаба 1:45.000.000 (Викулин, Тверитинова, 2004).

Протяженность зоны, L, км	Ширина зон проявления процесса, Н, км	Возраст зоны, Т, млн. лет	Скорость, $V = H/T$, мм/год	Регион
~15000	18000	160	112.5	Тихий океан
~11000	6000-8000	144	40-55	Индийский океан
~11000	6300	144	44	Атлантический океан, Центральный сегмент
~7000	5400	163	33	Атлантический океан, Южный сегмент
(18000)	(5400- 6300)	(144) 163)	(33- 44)	Атлантический океан

Примечание. Данные для всего Атлантического океана в расчетах нами не учитывались.

При этом, отклонение представленных столбцами 6 и 7 табл. 4 данных от средней зависимости (5) не превышает ее дисперсии.

В-четвертых, статистически значимая зависимость $LgL(LgV)$ только для «субдукционных» (С) данных ($N = 32$, табл. 1, 2, 5) не выявляется

(рис. 5в). Определение всех зависимостей $LgL(LgV)$, представленных на рис. 5 и в табл. 6, проводилось методом наименьших квадратов.

Проведенный анализ данных о протяженностях рифтинг-спрединговых зон и скоростях движения границ плит в их пределах указывает

Таблица 4. Длина L, км, ширина раскрытия (минимальная и максимальная) Н, км, возраста и значения скоростей V, мм/год рифтовых зон Земли, определенные по тектонической карте мира масштаба 1:45.000.000 (Викулин, Тверитинова, 2004).

Рифтовая система		Возраст спрединга, $T_1 - T_2 = \tau$, млн. лет					
		N_2-Q (5-0)=5	P_3-N_1 (38-5)=33	P_{1-2} (65-38)=27	K_2 (98-65)=33	K_1 (144-98)=46	J_3 (163-44)=19
1		2	3	4	5	6	7
Срединно-Атлантическая	L	18000	18000	18000	16000	13500	3800
	H	180-360	540-1440	540-1260	1350-2700	720-1440	720-1260
	V	36-72	16-44	20-47	41-82	16-31	38-66
Срединно-Индийская	L	11000	11000	11000	9000	-	-
	H	180-1080	180-1620	180-1800	450-1800	-	-
	V	36-260	5-19	7-70	14-55	-	-
Восточно-Тихоокеанская	L	14400	14400	14400	14400	14400	5400
	H	450-1800	1800-4500	2250-3150	2250-4590	2700-5400	> 5400
	V	90-360	50-136	83-117	68-139	59-117	> 284
Западно-Тихоокеанская	L	5000	-	5000	3150	-	-
	H	180-270	-	180-360	1350-1800	-	-
	V	36-52	-	7-13	41-55	-	-
Северного Ледовитого океана	L	1800	1800	1800	-	-	-
	H	180-450	180-450	360-720	-	-	-
	V	36-90	5-14	13-27	-	-	-
Байкальская	L	900	-	-	-	-	-
	H	45-90	-	-	-	-	-
	V	9-18	-	-	-	-	-
Красноморская	L	4000	3150	-	-	-	-
	H	45-135	180-270	-	-	-	-
	V	9-27	5-8	-	-	-	-

Примечания. Возраста спрединга определялись по (Харленд и др., 1985); ширина раскрытия зоны определялась по минимальному и максимальному замеру ширины зоны поперечно к направлению рифтовой зоны; длина зоны определялась по длине зоны с соответствующим временным интервалом; если вдоль зоны фиксируется спрединг разных временных интервалов, то длина зоны с какого-то момента остается постоянной.

Таблица 5. Скорости спрединга, рассчитанные по данным работ (Ле Пишон, 1974; Хейцлер и др., 1974).

Океан	Протяженность зоны, L, км	n	V, мм/год
Тихий	13600	12	40 ± 12
Атлантический	12400	10	17 ± 14
Индийский	9100	7	18 ± 7

Примечание. n – число экспериментальных определений скоростей субдукции для каждой из зон, V – средние значения скоростей субдукции, принимаемые нами в расчетах, и среднеквадратичные отклонения.

на существование двух механизмов с характерными временами около 150 (144-163) млн. лет для (4) и примерно 20 (5-33) млн. лет для (5).

Отметим, что корреляционная зависимость $LgL \approx LgV$, близкая соотношению (5), была получена в работах (Афзекс и др., 1974; Жарков, 1983; Морган, 1974) для процессов как спрединга, так и субдукции. Форма («вытянутость») и минимаксные значения «субдукционной» (рис. 5в) и «рифтинг-спрединговой» (рис. 5б) областей расположения исходных точек являются близкими. Отличаются эти области разными плотностями точек: РС-данные распределены по всей области достаточно равномерно, в то время как С-данные с большей плотностью сосредоточены в области предельно больших значений протяженностей зон. Представляется, что участки зон субдукции малой (1000 - 2000 км и менее) протяженности исследованы недостаточно полно, в результате чего для них имеет место искусственный «дефицит» данных. Другими словами, проведенный в настоящей работе анализ и данные, полученные другими исследователями, на наш взгляд, показывают, что выявленные в работе два механизма являются характерными для тектонического процесса вообще, включая и процесс субдукции.

Для определения тектонической энергии движущейся плиты будем полагать, что ее кинетическая энергия равна $E = \frac{1}{2}mV^2$, где

$m \approx \rho L^\alpha$ - масса плиты, ρ - ее объемная ($\alpha=3$), площадная ($\alpha=2$) или линейная ($\alpha=1$) плотность. Тогда, дифференцируя выражение для энергии, заменяя в полученном дифференциальном уравнении dL через dV , определяемое из соотношений $LgL \approx \beta LgV$, и интегрируя полученное соотношение, для величины энергии движущейся со скоростью V плиты протяженностью L , получим выражение:

$$E/E_0 = (V/V_0)^{(2+\alpha\beta)} \text{ или}$$

$$E \approx V^{(2+\alpha\beta)}, \tag{6}$$

где $\beta \approx 0.45 \pm 0.13$ для механизма, описываемого соотношением (4), и $\beta \approx 0.7 \pm 0.3$ для (5);

$E_0 = \frac{1}{2} \rho L_0^\alpha V_0^2$, L_0 и V_0 - энергия, протяженность плиты и скорость движения ее границы в момент начала процесса.

Из соотношений (4), (5), (6) видно, что зависимости для энергий плит от величин их скоростей движения для каждого из механизмов

Таблица 6. Параметры зависимостей $LgL(LgV)$, характеризующих протяженности зон как функции скоростей рифтинга и спрединга для разных геологических отрезков времени.

№ п.п.	Число данных, N	Временной интервал $T_1 - T_2$, млн. лет	Продолжительность интервала, τ , млн. лет	$LgL (\pm s_0) = (a \pm s_a) \cdot LgV + (b \pm s_b)$, L, км, V, мм/год
1	7	5 - 0	5	$LgL (\pm 0.38) = (0.8 \pm 0.4) \cdot LgV + (2.4 \pm 0.6)$
2	5	65 - 38	27	$LgL (\pm 0.37) = (0.7 \pm 0.4) \cdot LgV + (2.9 \pm 0.8)$
3	9	38 - 5; 98 - 65	33	$LgL (\pm 0.31) = (0.6 \pm 0.2) \cdot LgV + (3.1 \pm 0.4)$
	Всего: 21		Средние, n=3:	0.3 ± 0.1 0.7 ± 0.3 2.9 ± 0.5

Примечание. Исходные данные представлены в табл. 4.

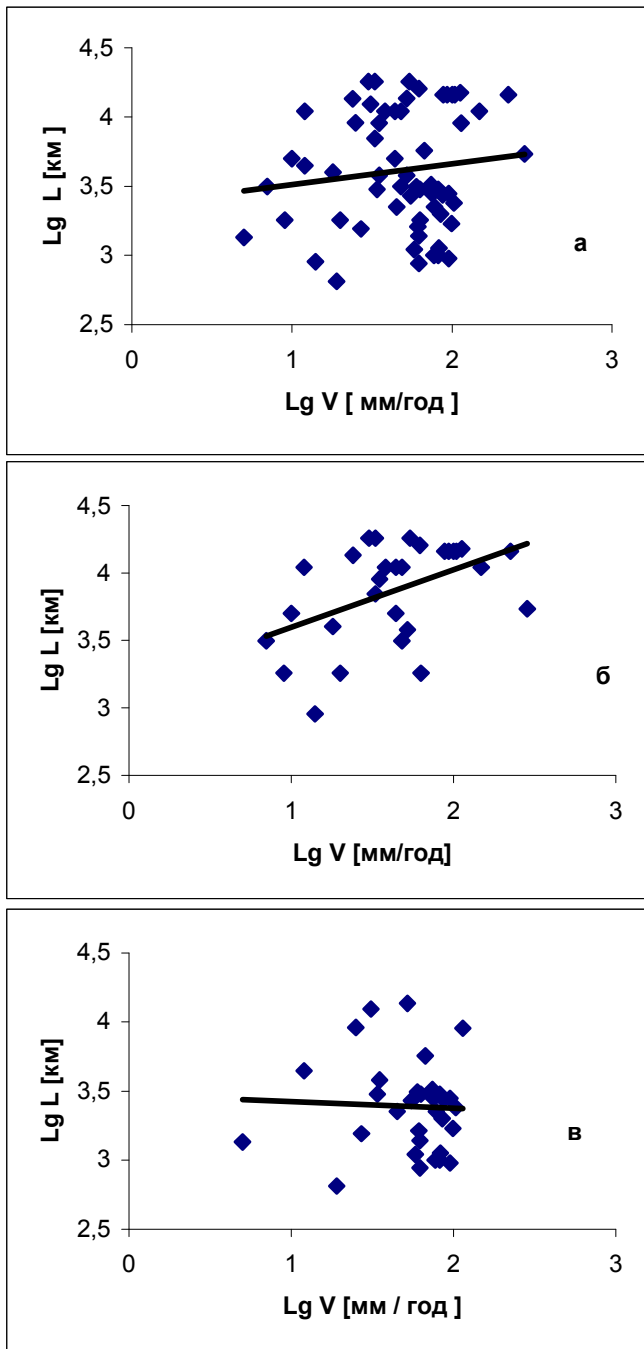


Рис. 5. Данные, характеризующие зависимость $LgL(LgV)$ между протяженностями плит L и скоростями их движения V по (Викулин, Тверитинова, 2004). **а** – скорости субдукции, рифтинга и спрединга (табл. 1-5, $N=61$); **б** – скорость рифтинга и спрединга (табл. 3-4, $N=29$); **в** – скорости субдукции (табл. 1, 2, 5, $N=32$).

существенно различаются. Действительно, в «предельных» случаях, для механизмов (5), когда $\beta_{max} \approx 1$ при $\alpha_{max} \approx 2.5$ ($2 < \alpha < 3$, например, при малых временах имеем зарождение плиты), и (4), когда $\beta_{min} \approx 0.3$ при $\alpha_{min} \approx 1$ (например, при больших временах размер плиты увеличивается

практически в одном направлении), соответственно получаем:

$$E_1 \approx V_1^{2.3}, \tag{7}$$

$$E_2 \approx V_2^{4.5}. \tag{8}$$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. В (Жарков, 1983), на основании данных (Ле Пишон, 1974; Морган, 1974; Forsyth, Uyeda, 1975), формулируется вывод о том, что «скорости плит коррелируются с величиной среднего полярного расстояния плиты». При этом В.Н. Жарков (1983) делает вывод о том, «что движение литосферы...увлекает за счет сил вязкого трения подстилающую ее астеносферу» (курсив наш), т. е. движение литосферы, по сути, не зависит от движений в нижележащей астеносфере. Как видим, все приведенные нами, по сути, экспериментальные и теоретические геологические и тектонические данные: Ли Сы-гуана (1928, 1958), Пейве - Лукьянова (Лукьянов, 1999), Le Pichon (1974) - Morgan (1974), Слензака (1972), Forsyth - Uyeda (1975) и Жаркова (1983) подтверждают наше предположение о том, что механизмы, в соответствии с (4) и (5), обеспечивающие вращательное движение, действительно имеют «собственную», независимую от движений в мантии, дрейфа материков и перемещений плит вдоль разделяющих их разломов природу.

2. Проведем сопоставление полученных в настоящей работе тектонических и геологических данных с результатами сейсмологических исследований.

В рамках модели поворачивающихся за счет своих внутренних источников сейсмофокальных блоков было показано, что «солитонные» (S) и «экситонные» (E) скорости миграции тихоокеанских землетрясений $V_{S,E}$ с их магнитудами M связаны следующими соотношениями:

$$M = (2.6 \pm 0.5) LgV_S + (1.9 \pm 0.8), V_S < c_0;$$

$$M = (1.3 \pm 0.3) LgV_E - (2.5 \pm 1.6), V_E > c_0,$$

где $c_0(\Omega)$ - характеристическая скорость ротационного сейсмического процесса, определяемая соотношением (3). При среднем для мира соотношении между протяженностью очага землетрясения L и его магнитудой $LgL = 0.4 M - 1.0$

(Викулин, 2003) для солитонных и экситонных «блоковых» (для сейсмофокальной зоны) зависимостей соответственно получаем:

$$Lg \Lambda_s \approx Lg V_s, V_s < c_0 \quad (9)$$

$$Lg \Lambda_E \approx 0.5 Lg V_E, V_E > c_0. \quad (10)$$

Видим, что солитонные (9) и экситонные (10) «блоковые сейсмические» решения (Викулин, 2003), вследствие примерного равенства коэффициентов при LgV , по сути, близки полученным выше «плитовым тектоническим» решениям (5) и (4) соответственно. Таким образом, все эти решения описывают, по сути, единый геодинамический процесс. Близость зависимостей (1), (2) таким же зависимостям (8), (7), т.е.: $E_2 \approx E_s, V_2 \approx V_s$ и $E_1 \approx E_E, V_1 \approx V_E$, соответственно позволяет взаимодействие тектонических плит, как и сейсмофокальных блоков (Викулин, 2003), описывать в терминах самосогласованного упругого поля (по А.В. Лукьянову (1999): «самоорганизация ... с ненулевыми дивергенциями и вихрями»), волновая природа которого определяется ротацией планеты. Другими словами, установлена взаимосвязь вращательных (вихревых) движений блоков, плит и их образований с ротационно обусловленными самосогласованными волновыми планетарными процессами с характерной скоростью порядка 1 см/год.

3. Геолого-геофизические данные, приведенные в (Геолого..., 2003, с. 56-57) для вращающихся микроплит Пасха и Хуан-Фернандес, при их интерпретации в рамках развиваемого в статье ротационного подхода указывают на ряд совпадений. Действительно, с одной стороны, возраст микроплиты Пасха (и, по-видимому, Хуан-Фернандес) составляет примерно $t \approx 5$ млн. лет. При этом, протяженность микроплиты Хуан-Фернандес $L \approx 2R = 400$ км оказывается близкой произведению возраста τ , умноженного на разность скоростей, с которыми друг относительно друга движутся плиты Пасифик (П), Наска (Н) и Атлантическая (А) $V_{ПН} = 168$ км/млн. лет, $V_{РА} = 107$ км/млн. лет и $V_{НА} = -61$ км/млн.лет: $L = \tau [1/2(V_{ПН} + V_{РА}) + V_{НА}] = 5$ млн. лет $\times [1/2(168 + 107) - 61]$ км/млн.лет = 380 км. С другой стороны, протяженности плит Пасха и Хуан-Фернандес и значения скоростей спрединга $V_{ПН}$ и $V_{РА}$ удовлетворяют соотношению $LgL(LgV)$ в

строке 1 табл. 6, характерному для временного интервала 5-0 млн. лет, включающему τ .

Отмеченные совпадения, на наш взгляд, не случайны и указывают на то, что процесс «зарождения» (и, очевидно, «отмирания») тектонических плит на планете происходит в геологическом смысле непрерывно и определяется самосогласованным упругим планетарным полем, имеющим волновую ротационно обусловленную природу. Вопрос требует более детальной проработки в дальнейшем.

4. Следует отметить, что в работах (Ле Пишон, 1974; Морган, 1974; Новая..., 1974; Forsyth, Uyeda, 1975) поиск корреляций между скоростями движения границ плит и другими их параметрами проводился в полном соответствии с принципами механики движения жестких плит вдоль сферической поверхности. Однако такое рассмотрение происходило без учета вращения планеты. Поэтому, несмотря на абсолютно правильную с механической точки зрения формулировку целей исследования: «Обладает ли тектонический механизм достаточной для движения плит энергией?», «Может ли предлагаемый теоретический механизм вызвать фиксируемые в зонах спрединга и субдукции движения плит?» (Forsyth, Uyeda, 1975), игнорирование эффектов, связанных с вращением Земли, привело к «пропуску» нелинейных сеймотектонических решений ротационного типа (1) - (2), (8) - (7) или (4) - (5). И, как следствие, в рамках Новой глобальной тектоники (Новая..., 1974) потребовалось отвечать на вопросы типа (Айзекс, Оливер, Сайкс, 1974): «Подтверждают ли данные сейсмологии концепцию новой глобальной тектоники?» и «Позволяет ли новая глобальная тектоника по-новому подойти к проблемам сейсмологии?» - ответы на которые, вообще говоря, были заранее очевидны. Надо отметить, что не на все из таких вопросов к настоящему времени получены убедительные ответы. Например, «структурные и кинематические решения, предлагаемые плейттектоникой, во многих случаях малообоснованны» (Пушаровский, 2005). Более того, становится все более очевидной несостоятельность Новой глобальной тектоники как всеобъемлющей геодинамической концепции (Спорные..., 2002). И, тем не менее, плейттектоническая концепция своей наглядностью, тесной причастностью ко многим научным дисциплинам и, по-видимому, главным - своим «мобилистическим началом» (Пушаровский,

2005), уже сыграла, и еще в течение долгого времени будет продолжать играть важную роль в науках о Земле, так как является «популярной до предела» (Пушаровский, 2005).

5. Движение плит и сейсмичность (и вулканизм) - как гром и молния (и дождь), по своей сути - есть разные проявления одного и того же геодинамического процесса. В рамках Новой глобальной тектоники представляется очевидным, что движение плит и тектоника (молния) - «первичны», а землетрясения и сейсмология (гром) - «вторичны». В рамках же геодинамического процесса, опирающегося на представления о нелинейных свойствах вращающейся геофизической среды, вопрос о «первичности» и «вторичности» в такой постановке, вообще говоря, не имеет смысла. Действительно, и ранее (Викулин, 2003), и в этой работе показано, что и тектонические плиты, и сейсмофакальные блоки на вращающейся планете движутся в условиях самосогласованного упругого поля, волновые свойства которого являются ротационно обусловленными. В соответствии с теоремой Эйлера таким движениям должны соответствовать вполне определенные трансляционные перемещения блоков - землетрясения, сейсмический процесс и плит - тектонический процесс, наблюдаемые на поверхности Земли. Другими словами, «первичным», по сути, является сам геодинамический процесс, волновая (самоорганизующая) природа которого в условиях ротации планеты обеспечивается наличием собственных моментов у слагающих геологическую среду образований. В таком случае становится понятным, почему согласно (Бондарчук, 1970, с. 57), «тектоническое движение есть производная форма вращательного движения». «Вторичными» же являются разные проявления такого геодинамического процесса, которые, в соответствии с теоремой Эйлера, наблюдаются в виде перемещения плит, движения блоков - землетрясений и извержений вулканов.

6. В последнее время наблюдается резкое повышение интереса к проблеме вихревых структур и их взаимосвязи с ротацией планеты. «Весьма показательным в этом смысле можно назвать XXXV Тектоническое совещание 2002 года (Тектоника..., 2002), каждый седьмой доклад которого в той или иной мере касался теоретических, планетарных или региональных проблем ротогенеза. Несколько докладов на этом совещании были посвящены результатам изучения влияния ротационного режима Земли

на новейшую и современную геодинамику. Отдельные публикации, появившиеся в последние годы, подтверждают перспективность и плодотворность таких исследований, вносящих существенный вклад в познание геотектоники и геодинамики и зачастую приводящих к весьма неожиданным результатам. Огромный фактический материал, накопленный к настоящему времени по обсуждаемой проблеме, вероятно, заслуживает того, чтобы комплекс структур, обязанных своим происхождением ротационному фактору, стал рассматриваться в рамках специально выделенной ротационной тектоники» (Полетаев, 2005).

Более того, согласно (Наливкин, 1969, с. 91), «размеры сил, вызывающих движение в атмосфере ... совершенно исключительны. Не меньше они и в гидросфере и, конечно, в литосфере. Они должны вызывать изменения и в твердой среде. Отрицать существование этих изменений бесполезно и даже вредно». Мы уже начинаем осознавать преобладающую роль циклонических процессов в атмосфере (Наливкин, 1969; Сидоров, 2002б) и гидросфере (Бреховских и др., 1971; Крамарева, 2002) Земли и их тесную связь с вращением планеты (Иванчин, 2004; Сидоров, 2002а). Этот, по сути, «непрерывный» ряд явлений хорошо дополняют существенно большие по масштабу и интенсивности циклонические явления в атмосферах быстро вращающихся Юпитера, Сатурна и, по-видимому, Нептуна и отсутствие данных о таких явлениях в атмосфере практически не вращающейся вокруг своей оси Венеры. Юпитер и Сатурн, к тому же, имеют гигантские по масштабу и массе (вращающиеся) спутниковые системы.

На существование тесной взаимосвязи между движениями в литосфере, гидросфере и атмосфере Земли указывают и такие данные. С одной стороны, нутация планеты, ее амплитуда и частота связаны с сеймотектоническим процессом (Викулин, Кролевец, 2001), с другой - периоды многолетних возмущений в системе океан - атмосфера кратны периодам Чандлера (Сидоров, 2002б, с. 278). Эти данные подтверждают сформулированный многими исследователями вывод о том, что литосфера (тектоносфера) - гидросфера - атмосфера представляют собой единую нелинейную систему, движение которой определяется вращательными движениями планеты. Как видим, «комплекс структур, обязанных своим происхождением ротационному фактору» (Полетаев, 2005), необхо-

димо рассматривать, в том числе и с более общих позиций - ротационной физики Земли (Викулин, 2004б).

Список литературы

- Айзекс Б., Оливер Дж., Сайкс Л.* Сейсмология и новая глобальная тектоника // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 133-179.
- Берснев И.И.* Осевое вращение Земли как одна из причин геотектогенеза // Строение и развитие земной коры. М.: Наука, 1964. С. 194-200.
- Бондарчук В.Г.* Основные вопросы тектоогенеза. Киев: Из-во АН Украины, 1961. 384 с.
- Бондарчук В.Г.* Движение и структура тектоносферы. Киев: Наукова Думка, 1970. 192 с.
- Борисов А.В., Мамаев И.С., Соколовский М.А.* Фундаментальные и прикладные проблемы теории вихрей. Москва-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. 704 с. <http://rcd.ru>; <http://ics.org.ru>
- Бреховских Л.М., Иванов Ю.А., Кошляков М.Н.* и др. Некоторые результаты гидрофического эксперимента в Тропической Атлантике // Докл. АН СССР. 1971. Т. 198. № 6. С. 1434-1439.
- Буртман В.С., Лукьянов А.В., Пейве А.В.* и др. Горизонтальные перемещения по разломам и некоторые методы их изучения // Разломы и горизонтальные движения земной коры. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5-33.
- Быков В.Г.* Нелинейные волновые процессы в геологических средах. Владивосток: Дальнаука, 2000. 190 с.
- Ван Беммелен Р.И.* Теория ундаций // Структурная геология и тектоника плит. (ред. К. Сейферт). Т. 3. Тектоника гравитационного скольжения. - Эллипсоид напряжений. М.: Мир, 1991. С. 200-213.
- Викулин А.В.* О природе Австралийских землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1994. № 2. С. 99-108.
- Викулин А.В.* Миграция и осцилляции сейсмической активности и волновые движения земной коры // Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений. I Российско-Японский семинар. Хабаровск, 26-29 сентября 2000 г. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. С. 205-224.
- Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса // Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН - КГПУ, 2003. 151 с. www.kcs.iks.ru
- Викулин А.В.* Взгляд физика: вращательное движение как характерное свойство пространства-времени Вселенной // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004 а. С. 8-19. www.kcs.iks.ru
- Викулин А.В.* Введение в физику Земли. Учебное пособие. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004 б. 240 с. www.kcs.iks.ru
- Викулин А.В., Кролевец А.Н.* Чандлеровское колебание полюса и сейсмотектонический процесс // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 6. С. 996-1009.
- Викулин А.В., Тверитинова Т.Ю.* О скоростях движения тектонических плит // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 83-92. www.kcs.iks.ru
- Вихри в геологических процессах.* Петропавловск-Камчатский: КГПУ. 2004. 297 с. www.kcs.iks.ru
- Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Владова Г.Л.* и др. Зоны субдукции: действующие силы, геодинамические типы, сейсмичность и металлогения // Вестник ОГГГН РАН. 2000. № 2(12). Т. 1. С. 3-8. http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/2-2000/subduction.htm#begin
- Геологическая история территории СССР и тектоника плит.* М.: Наука, 1989. 206 с.
- Геолого-геофизический атлас Тихого океана.* М-СПб: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 192 с.
- Гущенко О.И.* Реконструкция поля мега-региональных тектонических напряжений сейсмоактивных областей Евразии // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 26-59.
- Давыдов А.С.* Солитоны в квазиодномерных молекулярных структурах // Успехи физических наук. 1982. Т. 138. Вып. 4. С. 603-643.
- Давыдов А.В., Долгих Г.И., Запольский А.М.* и др. Регистрация собственных колебаний геоблоков с помощью лазерных деформографов // Тихоокеанская геология. 1988. № 2. С. 117-118.
- Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И.* Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 155 с.
- Еарков В.Н.* Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416 с.
- Иванчин А.Г.* Движущие силы смерча // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 269-273. www.kcs.iks.ru
- Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И.* и др. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность. М.: Наука, 1989. 190 с.

- Крамарева Л.К.* Структура и динамика вихревых образований энергоактивных зон Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2002. 334 с.
- Кудрявцев П.С.* История физики. Т. 1. М.: Учпедгиз, 1956. 564 с.
- Кукал З.* Скорость геологических процессов. М.: Мир, 1987. 246 с.
- Кулаков А.П.* Морфоструктуры Востока Азии. М.: Наука, 1986. 174 с.
- Кэрри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной: История догм в науках о Земле: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 447 с.
- Ле Пишон Кс.* Спрединг океанического дна и дрейф континентов // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 93-133.
- Ли Сы-гуан.* Вихревые структуры Северо-Западного Китая. М.-Л.: Госгеолтехиздат, 1958. 132 с.
- Лукьянов А.В.* Нелинейные эффекты в моделях тектогенеза // Проблемы геодинамики литосферы. М.: Наука, 1999. С. 253-287.
- Маслов Л.А.* Геодинамика литосферы тихоокеанского подвижного пояса // Хабаровск-Владивосток: Дальнаука, 1996. 200 с.
- Мелекесцев И.В.* Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного вулканизма. М.: Наука, 1979. С. 125-155.
- Мелекесцев И.В.* Роль вихрей в происхождении и жизни Земли // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 25-70.
- Мелекесцев И.В.* Взгляд геолога: вращательные движения и вихри как фактор формирования литосферы и геолого-географической среды Земли // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 20-23.
- Морган В.* Океанические поднятия, глубоководные желоба, большие разломы и блоки земной коры // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 68-93.
- Мясников Е.А.* Магматические и рудоконтролирующие морфоструктуры центрального типа. На примере Верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 1999. 84 с.
- Наливкин Д.В.* Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 488 с.
- Новая глобальная тектоника (тектоника плит).* М.: Мир, 1974. 472 с.
- Полетаев А.И.* Ротационная тектоника земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97-100.
- Потапов Ю.С., Фоминский Л.П., Потапов С.Ю.* Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории движения. Кишинев-Черкассы: Око-Плюс, 2000. 324 с. <http://www.fund-ckip.ru/books/Potapov/1.html>.
- Пушаровский Ю.М.* Глобальная тектоника в перспективе // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 121-123.
- Расцветаев Л.М.* Закономерный структурный рисунок земной поверхности и его динамическая интерпретация // Проблемы глобальной корреляции геологических явлений. М.: Наука, 1980. С. 145-216.
- Рикитаке Т.* Геофизические и геологические данные о Японской островной дуге и ее обрамлении // Окраины континентов и островные дуги. М.: Мир, 1970. С. 216-236.
- Роль сдвиговой тектоники в структуре литосферы Земли и планет земной группы. СПб.: Наука, 1997. 591 с.
- Сато Х.* Повторные геодезические съемки // Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. М.: Недра, 1984. С. 108-120.
- Сидоров Н.С.* Физика нестабильностей вращения Земли. М.: Физматлит, 2002 а. 384 с.
- Сидоров Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2002 б. 368 с.
- Система планета Земля. (Нетрадиционные вопросы геологии). XI научный семинар. 3-5 февраля 2003 г. Материалы. М.: МГУ, 336 с.
- Слензак О.И.* Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
- Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы / Ред. В.Н. Шолпо. М.: ИФЗ РАН, 2002. 236 с.
- Структурная геология и тектоника плит /* Под ред. К. Сейферта. Т. 3. М.: Мир, 1991. 350 с.
- Тараканов Р.З.* Повторные толчки землетрясения 4 ноября 1952 года // Труды СахКНИИ СО АН СССР. 1961. Вып. 10. С. 67-77.
- Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. Т. 1. 368 с. Т. 2. 378 с.
- Фридман А.М.* Из жизни спиральных галактик // В мире науки. 2005. №1. С. 70-79.

- Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
- Харленд У.Б., Кокс А.В., Левеллин П.Г. и др.* Шкала геологического времени. М.: Мир. 1985. 139 с.
- Хейцлер Дж., Диксон Г., Херрон Е. и др.* Морские магнитные аномалии, инверсии геомагнитного поля и движения океанического дна и континентов // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 38-57.
- Шунов Г.И.* Теория физического вакуума. М.: Изд-во ООО «Кириллица-1». 2002. 128 с.
- Daly M.C.* Correlation between Nazka-Farallon plate kinematics and forearc basin evolution in Ecuador // *Tectonics*. 1989. V. 8. № 4. P. 769-790.
- Duda S.J.* Strain release in the Circum-Pacific belt, Chile 1960 // *J. Geophys. Res.* 1963. V. 68. P. 5531-5544.
- Geist E.L., Childs J.R., Scholl D.W.* The origin of basins of the Aleutian ridge: implications for block rotation of an arc massif // *Tectonics*. 1988. V. 7. № 2. P. 327-341.
- Hashimoto M., Tada T.* Horizontal Crustal movements in Hokkaido and its tectonic implications // *Jour. Seismol. Soc. Jap.* 1988. V. 41. № 1. P. 29-38.
- Forsyth D., Uyeda S.* On the relative importance of the driving forces of plate motion // *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 1975. V. 43. P. 163-200.
- Jackson E.D., Shaw H.R., Bargar K.E.* Calculated geochronology and stress field orientations along the Hawaiian chain // *Earth Planet Sci. Lett.* 1975. V. 26. P. 145-155.
- Lee J.S.* Some Characteristic Structural Types in Eastern Asia and Their Bearing upon the Problems of Continental Movements // *Geol. Mag.* LXVI. 1928. P. 422-430.
- Maps of part of the Northern hemisphere of Venus. Miscellaneous investigations series / Published by the U.S. Geological Survey. 1989.
- Mogi K.* Migration of seismic activity // *Bull. of the Earthquake Res. Inst.* 1968. V. 46. P. 53-74.
- Morelli A., Dzevonsky A.M.* Topography of the Core-Mantle boundary and lateral homogeneity of the liquid core // *Nature*. 1987. V. 19. P. 679-683.
- Nur A., Ron H., Scotti O.* Fault mechanics and the kinematics of block rotation // *Geology*. 1986. V. 14. P. 746-749.
- Reigber Ch., Muller H., Rizos Ch. et al.* An improved GRIM-3 Earth gravity model (GRIM-3) // *Symp. Union Geodes. Geophys.: XVIII Gen. Assembly: Proc. Internat. Assoc. Geodes. (IAG), Hamburg, 1983. V. 1. P. 388-415.*
- Takeuchi A.* On the episodic vicissitude of tectonic stress field of the Cenozoic northeast Houshu arc, Japan // *Formation of active ocean margins / Ed. N. Nasu et al. Tokyo. 1985. P. 443-465.*
- Takeuchi A.* Pacific swing: Cenozoic episodicity of tectonism and volcanism in Northeastern Japan // *Memoir of the Geological Society of China.* 1986. № 7. P. 233-248.
- Tveritinova T. Y.* On the geometrical regularities in the structure of the Alpine Mediterranean belt // *XV Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association. Special publications of the Geological society of Greece, № 4/1. Athens, 1995. P. 124-133.*
- Tveritinova T. Ju.* Features of a structure and development of the Northwest margin of the Pacific ocean mobile belt as a global zone of shear deformations // *Linkages among tectonics, seismicity, magma genesis and eruption in volcanic arcs. IV International Biennial Workshop on Subduction Processes. Emphasizing the Japan-Kurile-Kamchatka-Aleutian Arcs. Petropavlovsk-Kamchatsky August 21-27, 2004. Session II: Geodynamics, tectonics, geochemistry, petrology and magma-formation. <http://www.avo.alaska.edu/kasp/>, www.kcs.iks.ru*
- Whitney M.I.* Aerodynamic and vorticity erosion of Mars: Part II. Vortex features, related systems, and some possible global patterns of erosion // *Geol. Soc. America Bull.* 1979. Part I. V. 90. P. 1128-1143.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР
**GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL SIGNS OF VORTEX STRUCTURES IN
GEOLOGICAL MEDIUM**

T.Ju. Tveritiniva¹, A.V. Vikulin^{2,3}

¹ Moscow State University, Moscow, Russia, tvertat@newmail.ru

² Institute of Volcanology & Seismology FED RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, Piip, 9, Russia, vik@kcs.iks.ru

³ Kamchatka State Pedagogical University, 683032, Petropavlovsk-Kamchatsky, Pogranichnaya Street, 4

A structure of lithosphere plate boundaries as a zones of shear deformations is considered as geological evidence of «own» (not Euler) rotation of plates. An analysis of features of deformation field structural pictures of geological and tectonic maps confirms existence of vortex-type structures. There is established the existence of two direct proportional relationships between rates of lithosphere plate movement and extents of their convergent and divergent boundaries having different characterized times. It is justified the hypothesis about correlation of vortex processes in tectonosphere with wave processes caused by rotation planetary scale. The review of vortex motions and the extensive literature is given.