

УДК 550.34+551.24

ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Т.Ю. Тверитинова¹, А.В. Викулин^{2,3}

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

² *ИВиС ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, vik@kcs.iks.ru*

³ *Камчатский государственный университет, Петропавловск-Камчатский*

Вихри и геологический процесс

Проблема вихревых структур в геологических процессах была впервые обозначена китайским ученым Ли Сы-гуаном в 20-х гг. XX века и через 30 лет сформулирована им в качестве научной гипотезы в книге [10], 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, так и других планет и их спутников. Вихревые структуры и физические процессы, их объясняющие, должны, по сути, являться краеугольными камнями современной геодинамики.

Проблема происхождения вихревых систем литосферы подробно освещается в [20]. 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» [20, с. 76]. Из последних следует отметить работы [6,13,16,28,29], 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; о поле напряжений, по механизмам очагов землетрясений Евразии определенное как мегарегиональное; о геодезических и светодальномерных инструментальных измерениях, проведенных на больших базах; о движениях блоков Тихоокеанской сейсмофокальной зоны, тектонических плит, платформ и других более «мелких» геологических образований, которые, в свою очередь, «пронизаны» перекрывающимися вихревыми планетарными структурами литосферы [20] - прямо указывает на вращательный, крутильный и вихревой характер движения геологических структур планеты [3,6,12,13,20].

Анализ большого количества тектонических данных показывает следующее. Согласно А.В.Лукиянову [11], «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 [11], что «каждый блок земной коры обладает как бы *самостоятельной «движущей силой», заключенной в нем самом*» (в обеих цитатах курсив наш). В работе [20, 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» [20, 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» [20, с. 98].

Проведенный в [6] 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.Лукиянова [11] и О.И.Слензака [20]. 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 [10] 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 [10], А.В.Пейве и А.В.Лукиянова [11], О.И.Слензака [20], А.И.Полетаева [16], сборников [6, 22] 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 «закрывает» цепочку такого рода движений вещества при разных физических состояниях.

Следует отметить следующее. Согласно данным работы [3], 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». Поэтому «самостоятельную движущую силу, заключенную в самом» блоке [11], и «самостоятельность вихревой системы» [20] мы также связываем с «собственным вращательным моментом». Очевидно, что используемое нами понятие «собственного вращательного движения», в принципе, отличается от Эйлера вращения, соответствующего поступательному перемещению вдоль сферической поверхности.

Границы литосферных плит как зоны 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 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).

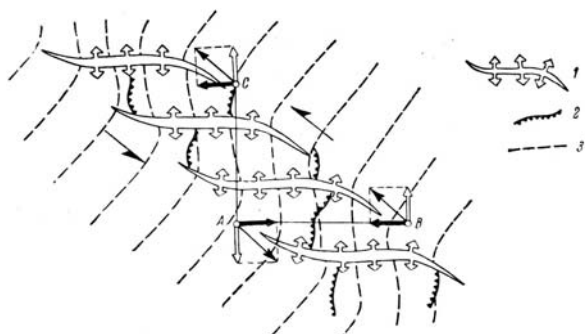


Рис. 1. Схема строения зоны сдвиговых деформаций по [2]. 1 - структуры растяжения; 2 - структуры сжатия; 3 - объекты, бывшие прямолинейными до сдвига. Растягивающие напряжения показаны белыми стрелками, сжимающие - толстыми черными стрелками.

К мегарегиональным зонам сдвиговых деформаций по своему строению [26] 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 [20]. Примером левосдвиговой зоны может являться конвергентная система Средиземноморско-Гималайского альпийского складчатого пояса - зона левостороннего Тетического кручения [9] (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.

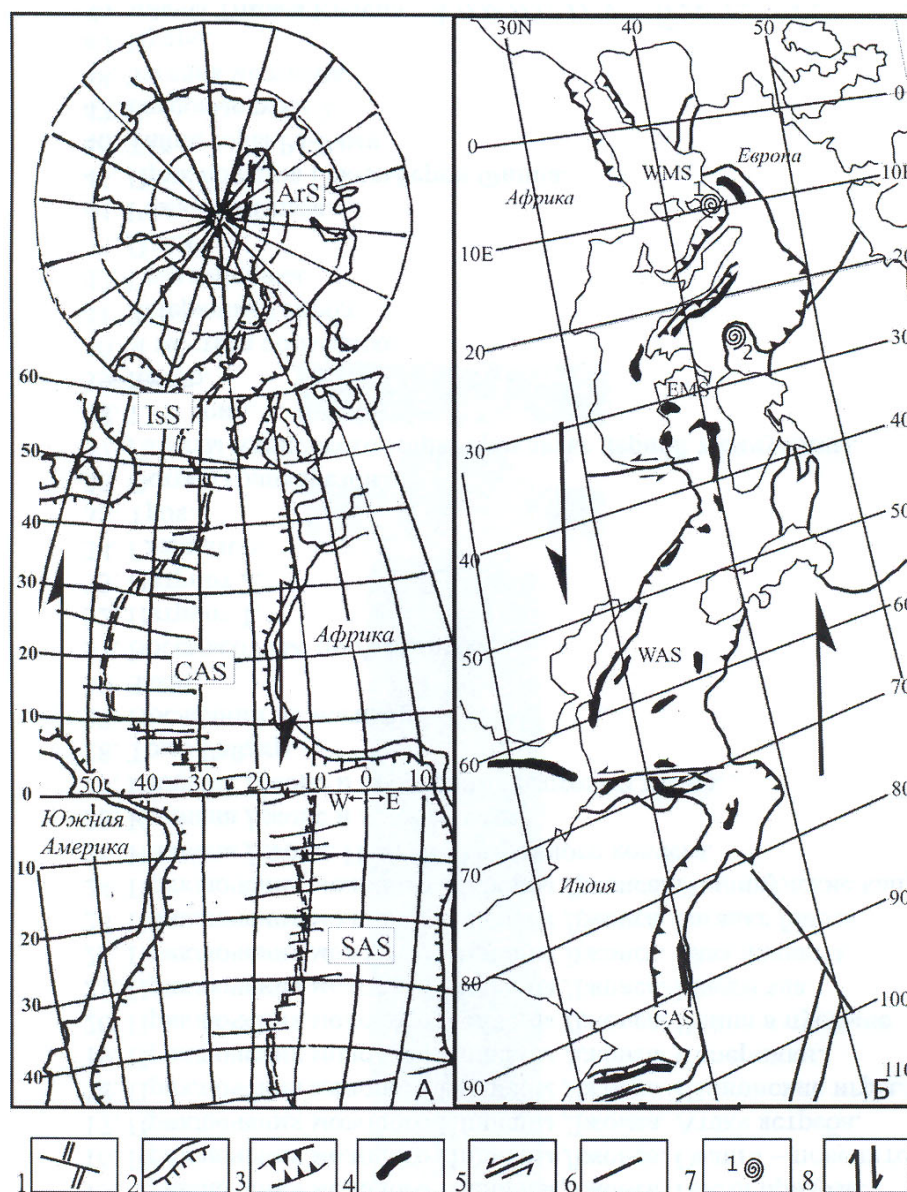


Рис. 2. Срединно-Атлантическая рифтовая зона как планетарная зона правого сдвига (А) и Средиземноморско-Гималайский альпийский пояс как планетарная зона левого сдвига (Б): 1 - рифтовая зона и трансформные разломы; 2 - граница континентальной и океанической коры; 3 - краевые надвиги Средиземноморско-Гималайского альпийского пояса; 4 - главные офиолитовые структуры; 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.

Тип структурных рисунков полей деформаций, характерных для границ литосферных плит, вследствие пространственно-временных неоднородностей структуры литосферы, может быть определен не всегда однозначно. Во-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 [6,27]. 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 [18]. На участках северо-восточного (СВ) простирания 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) простирания - правосдвиговых.

Дивергентные границы плит, т.е. срединно-океанические хребты (СОХ), обнаруживают признаки как правосдвиговых, так и левосдвиговых смещений. На участках СОХ, имеющих 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 [9]. Во-вторых - в виде левосдвиговых зон широтного простирания 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 ядра и геоида [24, 25]. 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» [1, 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.

Обсуждение результатов

1. В [8], на основании данных [15,23], формулируется вывод о том, что «скорости плит коррелируются с величиной среднего полярного расстояния плиты». При этом В.Н.Жарков [8] 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 Сыгуана [10], Пейве – Лукьянова [11], Новая...[15], Слензака [20], Forsyt - Uyeda [23] и Жаркова [8] подтверждают наше предположение о том, что механизмы, обеспечивающие вращательное движение, действительно имеют «собственную», независимую от движений в мантии, дрейфа материков и перемещений плит вдоль разделяющих их разломов природу.

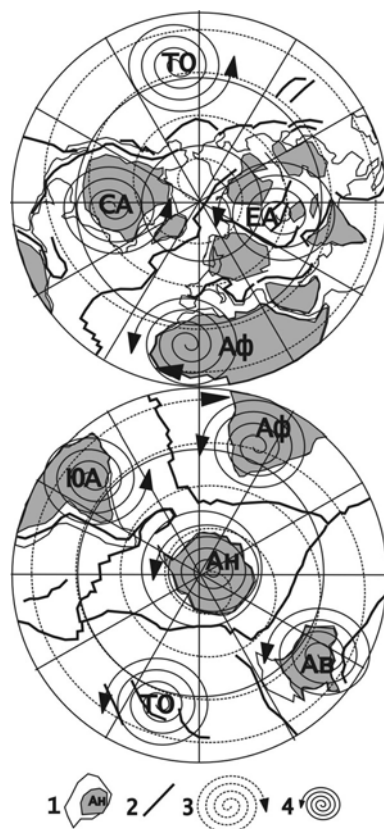


Рис. 3. Система литосферных плит и связанные с ними вихревые структуры. 1 - контуры континентов и древние платформы в их пределах; 2 - линейные структуры сжатия и растяжения по границам литосферных плит; вихревые структуры; 3 - полярный правозакрученный вихрь; 4 - литосферные левозакрученные вихри. Литосферные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

2. Геолого-геофизические данные, приведенные в [7, с. 56-57], для вращающихся микроплит Пасха и Хуан-Фернандес, при их интерпретации в рамках развиваемого в статье ротационного подхода, указывают на ряд совпадений, которые, 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.

3. Следует отметить, что в работах [15,23] 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?» [23], игнорирование эффектов, связанных с вращением Земли, привело к «пропуску» нелинейных сейсмотектонических решений ротационного типа [3,6]. И, как следствие, в рамках Новой глобальной тектоники [15] потребовалось отвечать на вопросы типа: «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» [17]. Более того, становится все более очевидной несостоятельность Новой глобальной тектоники как всеобъемлющей геодинамической концепции [21]. И, тем не менее, плейттектоническая концепция своей наглядностью, тесной причастностью ко многим научным дисциплинам и, по-видимому, главным – своим «мобилистическим началом» [17], уже сыграла, и еще в течение долгого времени будет продолжать играть важную роль в науках о Земле, так как является «популярной до предела» [17].

4. 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 [22], 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» [16].

Более того, согласно [14, 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 и гидросфере Земли и их тесную связь с вращением планеты. 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 [5], с другой - периоды многолетних возмущений в системе океан – атмосфера кратны периодам Чандлера [19, 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» [16], необходимо рассматривать, в том числе и с более общих позиций - ротационной физики Земли [4].

Список литературы

1. *Бондарчук В.Г.* Основные вопросы тектоорогении. Киев: Из-во АН Украины, 1961. 384 с.
2. *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.
3. *Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса // Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН - КГПУ, 2003. 151 с. www.kcs.iks.ru

4. Викулин А.В. Введение в физику Земли. Учебное пособие. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. 240 с. www.kcs.iks.ru
5. Викулин А.В., Кролевец А.Н. Чандлеровское колебание полюса и сейсмотектонический процесс // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 6. С. 996-1009.
6. Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ. 2004. 297 с. www.kcs.iks.ru
7. Геолого-геофизический атлас Тихого океана. М-СПб: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 120 с.
8. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416 с.
9. Кэрри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной: История догм в науках о Земле: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 447 с.
10. Ли Сы-гуан. Вихревые структуры Северо-Западного Китая. М.-Л.: Госгеолтехиздат, 1958. 132 с.
11. Лукьянов А.В. Нелинейные эффекты в моделях тектогенеза // Проблемы геодинамики литосферы. М.: Наука, 1999. С. 253-287.
12. Маслов Л.А. Геодинамика литосферы тихоокеанского подвижного пояса. Хабаровск-Владивосток: Дальнаука, 1996. 200 с.
13. Мелекесцев И.В. Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного вулканизма. М.: Наука, 1979. С. 125-155.
14. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 488 с.
15. Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974. 472 с.
16. 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.
17. Пуцаровский 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.
18. Расцветаев Л.М. Закономерный структурный рисунок земной поверхности и его динамическая интерпретация // Проблемы глобальной корреляции геологических явлений. М.: Наука, 1980. С. 145-216.
19. Сидоров Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2002. 368 с.
20. Слензак О.И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
21. Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы (ред. В.Н. Шолпо). М.: ИФЗ РАН, 2002. 236 с.
22. Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС. 2002. Т. 1. 368 с. Т. 2. 378 с.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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 .
27. 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

28. *Wezel F.S.* The Pacific island arcs: produced by post-orogenic vertical tectonics? // The origin of arcs. Amsterdam: ELSEVIER, 1986. P. 529-566.
29. *Xie Xin-sheng.* Discussion on rotational tectonics stress field and the genesis of circum-Ordos landmass fault system // Acta Seismol. Sinica. 2004. V. 17. № 4. P. 464-472.

