

ПРОБЛЕМА ВИХРЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ В ГЕОЛОГИИ
(Отзыв на статью Е.Г. Мирлина, Ю.В. Миронова «Роль вихревого движения
в геодинамике Эгейского моря (на основе сравнительного анализа с
геодинамикой котловины Вудларк)»

В качестве рецензента статьи Е.Г. Мирлина, Ю.В. Миронова «Роль вихревого движения в геодинамике Эгейского моря (на основе сравнительного анализа с геодинамикой котловины Вудларк)» я ознакомился и с другими работами Е.Г. Мирлина с соавторами, список которых приведен в рецензируемой статье. Тема, затронутая в рецензируемой статье, актуальна и находится на стыке различных наук, в первую очередь, самым тесным образом касается сути взаимосвязи геологии, физики и гидродинамики. Общепринятых представлений о вихревых геологических движениях не существует, сама постановка проблемы находится в стадии обсуждения. Поэтому прежде чем приступить к анализу рецензируемой статьи, необходимо определиться с обсуждаемым предметом исследования.

ВИХРЕВАЯ ДИНАМИКА
«ТВЕРДОЙ» ЛИТОСФЕРЫ –
ВИХРЕВАЯ ГЕОДИНАМИКА

Краткий экскурс в историю. Непрямолинейные кольцевой формы движения на примере геологических разрезов в Китае впервые были описаны Ли Сыгунаном в 1928 г.; им же такие структуры были названы вихревыми (Lee, 1928). Существование таких движений путем проведения повторных триангуляционных измерений I класса, выполненных на большой территории с помощью достаточно плотной сети наблюдательных пунктов, расположенных на японских островах Кюсю, Хонсю, Сикоку и Хоккайдо, было доказано экспериментальными данными, приведенными в работах (Рикитакэ, 1970; Сато, 1984; Fujiwhara et al., 1933). К началу XXI в. был накоплен большой объем геологических и геофизических данных, убедительно показывающих существование таких движений, и опубликованы первые гипотезы, объясняющие как свойства таких структур (Слензак, 1972), так и их происхождение (Мелекесцев, 1979).

Результатом накопления данных в течение последних 80 лет явилось появление двух тематических сборников (Вихри..., 2004; Ротационные..., 2007), которые привлекли к проблеме вихревых движений внимание исследователей разных специальностей. Появилось большое количество

статей, специализированных сборников работ (Eathquake..., 2006), специальных выпусков ведущих журналов (Rotational..., 2009) и монографии (Викулин, 2008; 2009), в которых, фактически, проблема вихревых (поворотных, крутильных, кольцевых и др. типа «непрямолинейных» (Кац и др., 2003; Кулаков, 1986; Мирлин, 2006; 2009; Мясников, 1999; Mandeville, 2000; и др.)) геологических движений была достаточно выпукло и разносторонне обозначена. Проявления вихревых движений зарегистрированы в других геофизических полях (Колосков, Аносов, 2006; Международный..., 2003) Вихревые структуры обнаружены на других планетах Солнечной системы (Спарроу, 2008; Whitney, 1979).

Исходные данные. Суммируя полученные исследователями разных специальностей данные, можно сформулировать следующие положения:

– вихревые геологические структуры существуют, это факт; их размеры изменяются в больших пределах от первых десятков метров до 1000 км и более;

– согласно (Слензак, 1972, с. 37, 73, 98), крупная вихревая система, как тип тектонической структуры литосферы, «не может быть создана внешними источниками движения в виде дрейфующих материков или смещений по планетарным разломам»; породы, слагающие вихревые структуры, формировались «в твердом состоянии на месте и за счет вещества верхней мантии» и «с самого начала формировались как дугообразные, а не механически изгибались из первоначально прямолинейных структур»;

– движения вихревого типа наблюдаются и в других геофизических полях: карты батиметрическая и магнитных изохрон, о. Пасха (Международный..., 2003), вулканические объекты позднекайнозойского возраста, восточно-азиатская окраина Тихого океана (Колосков, Аносов, 2006); согласно данным (Дмитриевский и др., 1993), все такого рода геофизические и геологические проявления имеют тенденцию объединяться в большие по размерам вихревые структуры;

– наблюдаемые в «твердой» литосфере Земли вихревые движения характерны и для других ее оболочек: атмосферы (ураганы, циклоны) и

гидросферы – мирового океана (течения, ринги); гигантские по размерам долгоживущие вихревые течения отмечены в атмосферах Юпитера и Сатурна (Спарроу, 2008);

– наиболее отчетливо вихревые движения проявляются на планетах с малым периодом обращения вокруг собственной оси (Юпитер и Сатурн, Земля и Марс), такие движения не отмечены на медленно вращающихся планетах (Меркурий, Венера) (Спарроу, 2008; Whitney, 1979); все эти данные указывают на то, что «генератором» вихревых геодинамических движений в «твердых» оболочках, атмосферах, гидросферах и различных геофизических полях планет, является один процесс – вращение планет вокруг собственных осей (Викулин, 2008).

Суть проблемы. Приведенные выше данные позволяют известное в гидродинамике выражение (Сэффмэн, 2000, с. 7) перефразировать следующим образом: вихревые движения – это «мышцы и жилы геодинамики». Поэтому для решения проблемы вихревых геологических движений достаточно обосновать механизм «закачки» завихренности (Сэффмэн, 2000, с. 10) в «твердую» литосферу. И любая динамическая концепция, претендующая на описание вихревых геологических структур, должна содержать в себе такой физически обоснованный механизм.

КОНЦЕПЦИЯ ТЕКТОНИКИ ПЛИТ

Уже во введении к рецензируемой статье, ссылаясь на мнение «подавляющего числа исследователей», авторы полагают: «на глобальном уровне господствующая в настоящее время концепция тектоники плит применительно к Восточному Средиземноморью «работает» достаточно удовлетворительно». Как может «работать» такая концепция для объяснения принципиально нового для нее явления, связанного с ротацией Земли – вихревого движения геологической среды? Как движение больших по размеру плит вдоль поверхности Земли может передавать завихренность достаточно малым объемам «твердой» литосферы? Попробуем разобраться в сути вопроса.

При переходе к следующему этапу исследования, «вихревому», по сути, более сложному и «тонкому», необходимо провести анализ принципиальных связанных с вращениями положений «старой» теории – тектоники плит. Авторами этого не было сделано как в рецензируемой статье, так и в предыдущих статьях Е.Г. Мирлина с соавторами.

Теорема Эйлера–Даламбера. Основные трудности решения геодинамических задач, масштабных и по пространству и во времени, в

рамках тектоники плит с физико-математической точки зрения связаны, в основном, с тем, что Земля является вращающейся планетой. Уравнения движения любой механической системы, к числу которых следует отнести и геодинамические движения, происходящие во вращающейся системе координат, как правило, являются достаточно сложными и часто не имеющими аналитических решений. И по этой причине тоже в тектонике плит принято «упрощающее» правило, согласно которому в соответствии с математической теоремой Эйлера–Даламбера любому перемещению вдоль поверхности сферы соответствует поворот на определенный угол. Такой подход в рамках тектоники плит позволил в рамках достаточно простых механических моделей объяснить некоторые закономерности геодинамического процесса. Но, необходимым и достаточным условием применимости теоремы Эйлера–Даламбера является наличие на сфере неподвижной точки. Такой точки на Земле не существует, так как Земля помимо вращения вокруг своей оси («неподвижной» точки в тектонике плит), вращается и вокруг Солнца (с периодом 1 год) и в составе Солнечной системы (с периодом 200–250 млн. лет) – вокруг центра Галактики. Вывод – теорема Эйлера–Даламбера не применима к задачам геодинамики.

Относительность вращения. Более того, согласно Р. Фейману (Фейман и др., 1966, с. 287): «Относительности вращения» не существует. Вращающаяся система – не инерциальная система, и законы физики в ней другие». Поэтому в трехмерном пространстве результат движения, характеризующегося суммой двух конечных углов поворота, будет определяться последовательностью их выполнения. Другими словами, результат интерпретации геодинамических данных в рамках тектоники плит, основанный на суммировании как трансляционных перемещений вдоль поверхности Земли, так и соответствующих им углов поворота, может быть неоднозначным. Такой результат будет зависеть от последовательности выполнения необходимых для интерпретации действий, стоящих за каждым из членов сумм, число которых, как правило, велико, и которые представлены разнообразными (геофизическими, палеомагнитными и др.) данными и для разных по размерам регионов Земли и за разные по продолжительности отрезки времени.

Резюме. Тектоника плит напрямую никак не связана с вращением планеты. Как показал приведенный выше анализ, не работает и связка перемещение – угол поворота плит и/или блоков. Таким образом, тектоника плит не только не содержит, но, в принципе, и не может содержать в себе механизм «закачки» завихренности в «твер-

дую» литосферу. Ссылка авторов рецензируемой статьи на мнение подавляющего числа исследователей в данном случае не имеет никакого веса и значения.

СТРОЕНИЕ ГЕОСРЕДЫ

Представления о строении геосреды у авторов рецензируемой статьи двоякое: с одной стороны, «она характеризуется разноранговой неоднородностью», т.е. блоковым, в смысле М.А. Садовского, строением, с другой – «становится более похожей на систему «перетекающих жидких сгустков, чем на укоренившуюся в нашем воображении земную твердь»» (с. 3). И дело здесь не в понятии «текучесть» геосреды, которое авторы исключили из переработанного текста. Оба понятия, и текучести и «перетекающих жидких сгустков», однозначно характеризуют геосреду как такую среду, которая обладает свойствами жидкости. Дело в том, что авторы путем различных комбинаций движений блоков и жидкости только конструируют возможную картину даже не вихревого, а вихреподобного течения «блоково-жидкостной» геосреды. Но при этом авторы никак не поясняют, как в блоковую и/или текучую (жидкую) геосреду и с помощью какого механизма «закачивается» завихренность. Другими словами, как в рецензируемой работе, так и в предыдущих работах Е.Г. Мирлина с соавторами в задаче о геологических вихревых движениях, по сути, отсутствует динамическая составляющая проблемы.

Тем не менее, такие механизмы закачки завихренности в геосреду, и в «блоковую» и в «жидкую», разработаны. Действительно.

Геофизическое приближение: блоковая геосреда. В рамках ротационной модели геодинамического процесса показано, что движение блока вдоль поверхности вращающейся (неинерциальной) Земли механически эквивалентно его вращению в инерциальной (неподвижной) системе координат под действием собственного момента (спина) (Викулин, Иванчин, 2013). Такое поворотное движение блока создает в окружающей его литосфере напряжения с моментом силы, что позволяет объяснить многие закономерности геодинамического процесса (Викулин, 2009) и, тем самым, заложить основу моментной вихревой геодинамики (Викулин и др., 2011; Vikulin et al., 2013). В рамках ротационной блоковой модели геосреда является нелинейной, способной двигаться реидным способом (Геологический..., 2012, с. 27) (физический аналог – сверхтекучим (Викулин, Иванчин, 2013)) с образованием вихревых геологических структур (Викулин, 2013).

Геологическое приближение: вихревая задача Дирихле–Римана. В монографии (Леонов, 2008)

с привлечением большого геологического и геофизического материала убедительно показано, что земная кора в течение продолжительных отрезков времени обладает свойством объемного течения «в холодном состоянии». Поэтому в «геологическом» приближении, когда геосреду можно считать жидкостью, намечен другой путь постановки и решения проблемы вихревых структур (Викулин, 2005). А именно, вихревые геологические структуры, по сути, являются решениями проблемы Дирихле–Римана (Кондратьев, 2003), которые на поверхности вращающегося и остающегося эллиптической формы объема гравитирующей невязкой (способной двигаться реидным способом) жидкости проявляются как течения вихревой формы.

Частным случаем такого подхода, или, возможно, третьим таким механизмом, может являться вулканическая вихревая гипотеза (Мелекесцев, 1979), согласно которой вихревые системы больших размеров в литосфере могут создаваться под воздействием ниже лежащих закручивающихся под действием силы Кориолиса вязких потоков в астеносфере. Такая концепция имеет элементы «созвучные» тектонике плит, но и элементы, принципиально отличные от нее. Ясно, что такой механизм не является универсальным, так как не может создавать вихревые системы размером соизмеримым и меньшим мощности литосферы.

Рецензенту не известны другие постановки проблемы вихревых геологических движений (геологических вихревых (Lee, 1928) структур), как связанных с вращением динамических задач, в которых физически обоснованным способом можно было бы «закачивать» завихренность в «твердую» литосферу.

Ссылки на работы, в которых объясняются такие механизмы закачки завихренности в литосферу, в рецензируемой статье присутствуют, в общем списке работ. Однако понимание смысла проблемы определяется расположением ссылки именно в нужном месте текста. Тем не менее, гигантский геологический опыт авторов сыграл свою роль, интуиция их не подвела и проблему вихревых геологических движений, в целом, они видят в достаточно полном объеме.

СВОЙСТВА ГЕОСРЕДЫ

Рецензируемая работа посвящена, в основном, такому свойству геосреды, как ее способности двигаться вихревым образом. Очень кратко говорится о нелинейных свойствах геосреды. При этом в заключительной части статьи в пункте 1 способность геосреды двигаться вихревым способом одной фразой связывается, и с фрактальностью блоковой геосреды, и с ее нелинейными

свойствами: вывод о вихревом движении геосреды «полностью соответствует выдвинутым ранее отечественными исследователями представлениям об иерархически неоднородной, нелинейной среде литосферы». Это, конечно, правильно, но такое утверждение, в целом, никак не может соответствовать ссылкам на работы, которые следуют сразу после этой фразы.

Достаточно подробно на этой теме рецензент уже останавливался ранее (Викулин, 2013). Суть сводится к следующему. Концепция «нелинейность среды» введена в физику и она количественно достаточно строго определяется соответствующими членами в уравнении движения среды. Убери уравнение движения, и само понятие нелинейности становится, по сути, философской категорией. Какой смысл геологии вкладывают в это понятие, остается только догадываться.

Другой путь введения концепции нелинейности в геологическую среду и процесс может заключаться в следующем. Известно, что геологическая среда является энергонасыщенной. В таком случае можно принять, что нелинейные свойства геологической среды проявляются в виде ее способности течь реидным и вихревым способами (Викулин, Иванчин, 2013). При таком подходе оба свойства: реидное движение геологической среды и ее способность двигаться с образованием вихревых структур могут рассматриваться как взаимосвязанные одной (нелинейной) причиной и дополняющие друг друга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Примечательно, что в науках о Земле стремительное за последние 10-20 лет увеличение интереса к проблеме вращательных геологических структур, другими словами – переход от «линейки» к «циркулю», происходит на фоне успехов тектоники плит (Викулин, 2009, с. 379). Как видим, имеет место поиск новой тектонической парадигмы, в основу которой могли бы быть положены представления вихревой геодинамики (Викулин и др., 2011; Мелекесцев, 1979; Мирлин, 2006; 2009; Vikulin et al., 2013). Представляется, что дискуссия по проблеме вихревых геологических структур, по сути, начатая сборниками (Вихри..., 2004; Ротационные..., 2007) и продолженная рецензией на статью Е.Г. Мирлина и Ю.В. Миронова, может в дальнейшем развиваться на страницах нашего журнала.

Список литературы

Викулин А.В. Ротационные упругие поля в твердых телах и вихревые решения проблемы Дирихле: тождественные системы? //

Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 2. Вып. 6. С. 86-95.

Викулин А.В. Мир вихревых движений. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. 230 с.

Викулин А.В. Физика Земли и геодинамика. Учебное пособие. Петропавловск-Камчатский: КамГУ, 2009. 463 с.

Викулин А.В. Нелинейность-фрактальность или реидность-энергонасыщенность: какие категории ближе геологии? (Отзыв на статью Н.В. Короновского, А.А. Наймарка «Методы динамической геологии на критическом рубеже применимости») // Вестник Краунц. Науки о Земле. 2013. № 1. Выпуск № 21. С. 163-168.

Викулин А.В., Иванчин А.Г. О современной концепции блочно-иерархического строения геосреды и некоторых ее следствиях в области наук о Земле // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 3. С. 67-84.

Викулин А.В., Иванчин А.Г., Тверитинова Т.Ю. Моментная вихревая геодинамика // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 2011. № 1. С. 29-35.

Вихри в геологических процессах / Ред. А.В. Викулин. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатского общественного фонда «Наука для Камчатки», 2004. 297 с.

Геологический словарь Т. 3. / Ред. О.В. Петров. СПб: ВСЕГЕИ, 2012. 440 с.

Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И. Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 155 с.

Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И., Сулиди-Кондратьев Е.Д. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность. М.: Наука, 2003. 190 с.

Колосков А.В., Аносов Г.И. Особенности геологического строения и позднекайнозойский вулканизм восточно-азиатской окраины в рамках концепции вихревой динамики // Фундаментальные исследования океанов и морей. Кн. 1. / Ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2006. С. 278-291.

Кондратьев Б.П. Теория потенциала и фигуры равновесия. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 624 с. <http://shop.rcd.ru>

Кулаков А.П. Морфоструктуры востока Азии. М.: Наука, 1986. 174 с.

Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана. М.-СПб: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 120 с.

Леонов М.Г. Тектоника консолидированной коры / Тр. Геол. ин-та РАН. Вып. 582. М.: Наука, 2008. 457 с.

Мелекесцев И.В. Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее примене-

- ния // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С. 125-155.
- Мирлин Е.Г.* Проблема вихревых движений в «твердых» оболочках Земли и их роли в геотектонике // Геотектоника. 2006. № 4. С. 43-60.
- Мирлин Е.Г.* Вихревая тектоника // Доклады РАН. 2009. Т. 426. № 5. С. 649-652.
- Мясников Е.А.* Магматические и рудоконтролирующие морфоструктуры центрального типа на примере Верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 1999. 84 с.
- Рикитаке Т.* Геофизические и геологические данные о японской островной дуге и ее обрамлении // Окраины континентов и островные дуги: Сб. научн. тр. М.: Мир, 1970. С. 216-236.
- Ротационные процессы в геологии и физике / Ред. Е.Е. Милановский. М.: КомКнига, 2007. 528 с.
- Сато Х.* Повторные геодезические съемки // Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. М.: Недра, 1984. С. 108-120.
- Слензак О.И.* Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
- Спарроу Дж.* Планеты. Спб: Амфора, 2008. 224 с.
- Сэффмэн Ф. Дж.* Динамика вихрей. М.: Мир, 2000. 376 с.
- Фейман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Феймановские лекции по физике. Т. 5. Электричество и магнетизм. М.: Мир, 1966. 296 с.
- Earthquake source asymmetry, structural media and rotation effects / Eds. R. Teisseyre, M. Takeo, E. Majewski. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006. 582 p.
- Fujiwhara S., Tsujimura T., Kusamitsu S.* On the Earth-vortex, echelon faults and allied phenomena // Gerlands Beitrage zur Geophysik, zweite supplementband. 1933. P. 303-360.
- 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.
- Mandeville M.W.* An outline of the principles of vortex tectonics. 2000. <http://www.aa.net/~mwm>.
- Rotational seismology and engineering applications. Bulletin Seism. Soc. of America. 2009. V. 99. № 2B. Special Issue. P. 945-1486.
- Vikulin A.V., Tveritina T.Yu., Ivanchin A.G.* Wave moment geodynamics // Acta Geophysica. 2013. V. 61. № 2. P. 245-263.
- 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. V. 90. P. 1128-1143.

Д. ф.-м. н. А.В. Викулин
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский,
683006, vik@kscnet.ru