



УДК 550.34+551.24

А. В. Викулин

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: vik@kscnet.ru*

Геодинамика и космические факторы

В геологической истории нашей планеты есть времена большей или меньшей интенсивности геологических процессов... Никакого объяснения этих фактов мы не знаем, но едва ли правильна мысль большинства геологов, что причину её надо искать внутри планеты...

В. И. Вернадский [1 с. 267]

Введение

Большое количество геологических, геофизических, астрономических и физических данных указывают на существование тесной взаимосвязи между процессами, происходящими на Земле и в Космосе. Мысль В. И. Вернадского, вынесенная в эпиграф этого сообщения, созвучна высказываниям многих других исследователей. Например, патриарх тектоники и один из её создателей Ю. А. Косыгин в своей классической монографии [19] в разделе «О причинах тектонических движений» пришел к выводу: «О влиянии астрономического фактора на структуру Земли говорит также закономерная ориентировка крупных глубинных разломов и сдвигов относительно её фигуры. Пароксизмы перемещений по этим разломам могут быть поставлены в функциональную зависимость от периодических деформаций земного сфероида вследствие изменения скорости вращения Земли». В работе [32] автор приходит к выводу о том, что «так или иначе ротационные космические гипотезы оказываются в одной плоскости с глубинными геодинамическими гипотезами и не так уж по отношению к ним альтернативны». Большой обзор работ о ведущей роли космических факторов и ротации Земли на её геодинамику представлен в недавно вышедшей книге А. И. Полетаева [27]. Связующим «космическим» звеном такой взаимосвязи геодинамики и Космоса может быть только гравитация, которая объединяет все части Вселенной: «обычные» тела, планеты, звездные системы, галактики и Метагалактику, в целом. Связующим «земным» звеном такой взаимосвязи могут являться ротационные волны, являющиеся для геосреды такими же характерными как сейсмические (упругие) волны [8].

Вариации гравитационной постоянной

Значение гравитационной постоянной $G = (6,67 \pm 0,01) \cdot 10^{-8}$ дин·см²·г⁻² известно с малой для фундаментальных величин точностью $\Delta G/G = 10^{-3}$.

Многолетними исследованиями показано, что лабораторные и космические (флуктуации гравитационного притяжения Луны и Солнца) факторы, которые, в принципе, могут повлиять на измеряемую величину G , не могут привести к наблюдаемому разбросу её значений. Многочисленные серии из десятков тысяч измерений величины G , выполненные в разные периоды, статистически значимо отличались и друг от друга и от среднего значения по всей серии [15]. В значениях третьего знака гравитационной постоянной существуют такие же ритмичности, как и в вариациях солнечной активности. Местоположение, простираение и общая форма магнитных и гравитационных аномалий чаще всего совпадают [35, с. 320].

Известно, что «всякое гравитационное поле является не чем иным, как изменением метрики пространства-времени. Это важнейшее обстоятельство означает, что геометрические свойства пространства-времени (его метрика) определяются физическими явлениями, а не являются неизменными свойствами пространства и времени» [24, с. 307]. Поэтому приведённые выше данные позволяют предположить, что вариации гравитационной постоянной могут определяться двумя типами явлений, происходящими во время её измерения. К первому типу следует отнести «локальные» геодинамические процессы, протекающие в месте установки измеряющего G прибора. Ко второму типу — «глобальные» космические процессы, связанные с деформацией всей Земли, в целом, при прохождении через неё гравитационных волн от внешних по отношению к Земле источников. Оба типа процессов, по сути, являются планетарными. Но их происхождение и «веса» в месте установки измеряющего значение G прибора могут быть разными. Поэтому термины «локальные» и «глобальные» взяты в кавычки.

Близкий вывод о том, что вариации значений G связаны не с точностью определения гравитационной постоянной, а с целым рядом космических

и геофизических факторов, был сделан в работе [34, с. 276–284].

Квадрупольные деформации Земли и гравитационные волны

Глобальные нерегулярные изменения инструментальных изменений силы тяжести на поверхности Земли и угловой скорости её вращения хорошо коррелируют между собой, что соответствует квадрупольному характеру деформации планеты [34, с. 322]. Данные спутниковой лазерной дальнометрии выявили вариации значений второго момента J_2 в разложении гравитационного потенциала Земли по сферическим гармоникам, который, отражая динамику соотношения экваториального и полюсного моментов инерции и радиусов Земли, также имеет квадрупольный характер [38]. В работе [14] отмечено, что существует только один механизм, способный объяснить квадрупольный характер деформации Земли как следствие гравитационного эффекта, при котором земной шар оказывается в поле падающей гравитационной волны и Земля является её детектором. Эти данные позволяют предположить, что космическим фактором могут являться гравитационные волны, излучаемые внешними по отношению к Земле источниками.

Геодинамические волны

Из всего разнообразия геодинамических движений остановимся на явлениях, которые «весьма слабо» вписываются в общеизвестные представления о геосреде, как о твердом теле. Имеется много свидетельств движения земной поверхности в направлении от очагов землетрясений в виде «горбов Земли» [6, с. 222]. Например, «по поверхности террасы прошла волна высотой 20–30 см — совершенно бесшумно, и земная твердь на мгновение превратилась в пластическую субстанцию... а ещё через мгновение поверхность террасы опять стала плоской и абсолютно ровной. И никаких следов деформации!» [25, с. 5]. Или: «во время землетрясения... по бетонному шоссе и тротуарам шли волны высотой 1,2–1,8 м и длиной 3 м, но на бетоне не появилось ни одной трещины» [15, с. 77] (при деформациях твёрдого тела более 0,5!). В эпицентральных зонах сильных землетрясений часто отмечаются повороты памятников, минаретов, углов зданий, подбрасывание с поворотом тяжёлых камней [9]. Породы, слагающие вихревые структуры, формировались «в твердом состоянии на месте и за счёт вещества верхней мантии» и «с самого начала формировались как дугообразные, а не механически изгибались из первоначально прямолинейных структур» [31, с. 73, 92]. Такие движения, согласно классической механики сплошных сред [23], очевидно, не могут происходить в твердотельной сплошной среде [36].

Но такие движения происходят в блоковой геосреде! Например, инструментально зарегистрированные движения вблизи очага Паркфилдского землетрясения 1966 г. позволили сделать вывод, что

движение грунта вблизи образовавшегося разлома характерно для жидкости [22]. Анализ позволил «бухтообразные» предвестники землетрясений связать с вероятными пульсациями отдельных участков поверхности Земли с характерными периодами порядка 100 дней. К числу таких пульсаций можно отнести «куполообразное вспучивание (Сан-Андреас, США), охватившее территорию с поперечником около 20 км и высотой около 0,5 м. Наделав много шума и не оправдав опасений сейсмологов, вспучивание «благополучно» исчезло» [4]. К числу такого рода эффектов, по-видимому, можно отнести и свидетельство летописца, относимое к 1601 г. на Валдае: «И с того озера Бросна выходила из воды гора песчаная, а ото дна воды в верх с сажень и стояла так двенадцать дней... И по двенадцать дней опустилась по прежнему... и над него глубины стало семь сажень, как и прежде» [3]. Анализ такого рода вариаций показал [4], что их «разнознаковость при наблюдаемой быстротечности, свидетельствует о процессе в жидкой фазе».

Все геофизические и геологические данные о таких «медленных» движениях геосреды с характерными длительностями 10 сек – 1 млн лет, рассматриваемые в совокупности, и позволили геологам в 1930-х гг. ввести в рассмотрение реидные [10, 17, 37] или сверхпластичные деформации Земли «как течение материала в твёрдом состоянии» [25].

Достижением научной мысли последних десятилетий в науках о Земле стало обоснование концепции блокового строения геосреды. Изменяемость во времени, сильная нелинейность, активность, энергонасыщенность и реидность (сверхпластичное течение в твердом состоянии [25]), ротационный фактор — фундаментальные свойства геосреды. В рамках таких представлений показано, что для блоковой геосреды, кроме упругих сейсмических волн, характерны также ротационные волны [7], движение в которых происходит «сверхпластичным» образом [8].

Анализ показывает, что ротационные волны могут быть близкими выявленным в горных массивах рудников и введенным в геомеханику маятниковым волнам. Для описания геодинамических (ротационных, маятниковых, тектонических, деформационных и др.) сильно нелинейных волн оказывается возможным привлекать и неевклидовы модели деформирования материалов на разных структурных уровнях [26, 28, с. 17–33, 214–219], которые, в принципе, позволяют учитывать также и эффекты, связанные с искривлением пространства-времени гравитационными волнами.

О механизме взаимосвязи

Минимизируя гравитационную энергию Земли, можно определить величину её «поверхностного натяжения» 10^{19} эрг/см² [21, с. 101], являющегося, по сути, балансом между гравитационным притяжением и геодинамическим полем. Поверхностное натяжение геоида значительно превышает коэффи-

циенты поверхностного натяжения «лабораторных» жидкостей и твёрдых тел ($1 - 10^4$ эрг/см²), что может указывать на существование «очень сильной» взаимосвязи между гравитацией и геодинамическими движениями. Источником энергии такой значительной по величине взаимосвязи, при гигантских по величине деформациях, на время прохождения ротационной геодинамической волны превращающих твёрдое тело в жидкость, в соответствии с представлениями работы [11], может быть только энергия вакуума, способная, по-видимому, в том числе, изменять и структуру (метрику) пространства-времени.

Использование вместо сейсмических ротационных геодинамических волн позволит на десять порядков по величине повысить чувствительность метода [2] и, по-видимому, уверенно зарегистрировать гравитационные волны.

Модели описания тектонического течения

«Тектонические процессы и деформации существуют во всех мантийных геосферах» [29], а не только до известного рубежа «670», как традиционно считается до сих пор [27, с. 141], при ведущей роли тектонического течения глубинных масс [29]. Можно разными способами описывать такого рода тектоническое течение горных масс.

Вихревые течения Римана [5, 6]. В середине XIX в. П. Дирихле поставил следующую задачу [18, с. 26-31]. Дана однородная несжимаемая вращающаяся масса гравитирующей жидкости. Допускают ли законы гидродинамики такое движение этой массы, чтобы её форма в любой момент оставалась эллипсоидальной, а поле скоростей жидкости — линейным по координатам? Дирихле поставил задачу и получил уравнения движения такого эллипсоида. Дедекиндр отметил особую, присущую уравнениям движения эллипсоида Дирихле симметрию, которая указывает на возможность существования во вращающихся средах вихревых течений.

Самый значительный вклад в разработку идеи Дирихле внес Б. Риман. Он впервые рассмотрел стационарные фигуры равновесия и открыл класс двухпараметрических равновесных эллипсоидов, у которых вектор угловой скорости и вектор вихря внутренних течений совпадает с одной из главных осей симметрии фигуры — *S*-эллипсы Римана. У таких фигур (например, Земли) оси вращения и вихря не совпадают с главными осями эллипсоида, что значительно расширяет спектр возможных решений и их применения к задачам геодинамики: ось вращения Земли и магнитная ось не совпадают.

За цикл работ по динамике звезд в рамках проблемы Дирихле С. Чандрасекхар в 1983 г. получил Нобелевскую премию. Далее, выяснилось, что 11-летняя цикличность солнечной активности является, по сути, отражением структуры вихревых течений нашего светила [33]. В соответствии с полученными в 1960–1990 гг. данными о большой амплитуде движения центра масс Солнца, которая в два раза

превышает его диаметр [12] стало ясно, что цикличность солнечной активности обусловлена не внутренней динамикой Солнца. Солнечная активность, а следовательно, и большая часть земных явлений, включая социум, определяется сложной моментной динамикой всей Солнечной системы, в первую очередь моментной динамикой Юпитера, период обращения которого вокруг Солнца составляет около 11 лет.

Работы, выполненные Б. П. Кондратьевым и его коллегами [18], доказывают существование во вращающихся реальных системах (планетах) внутренних движений, имеющих вихревую природу. Важным результатом такого рассмотрения, имеющим принципиальное значение, является возможность получения новых данных о физических свойствах вращающихся сред, таких как вязкость, сжимаемость, напряженность магнитного поля и др.

Таким образом, теоретически открытые вихревые течения Дирихле-Дедекиндр-Римана во вращающихся гравитирующих невязких жидкостях, получили своё практическое подтверждение для блоковой вращающейся Земли, вещество которой имеет реидные (сверхпластичные) свойства.

Ротационные течения. В нелинейной физической акустике кроме переменных величин, таких, как давление, колебательная скорость и смещение, в звуковом поле возникают постоянные силы — радиационное давление. Его происхождение связано с изменением в некотором объёме среднего по времени переносимого волной импульса (момента силы и/или момента импульса). Такое давление в сплошных средах возникает всегда, поскольку даже при относительно небольших интенсивностях звука возникают нелинейные эффекты. В свою очередь, радиационное давление приводит к движению вещества самой среды — возникают акустические течения [13 с. 178–249; 20, с. 118–137].

Таким образом, при рассмотрении явления «звукового ветра» акустические и гидродинамические параметры тесно переплетаются между собой [30, с. 198].

Давление излучения характерно для волн любой природы [20, с. 118], в том числе и для геодинамических ротационных волн Земли, являющихся результатом взаимодействия блоков вращающейся геосреды, которая является сильно нелинейной. Описание геодинамических явлений можно проводить в рамках нелинейной физической акустики [13, 20, 30].

При рассмотрении ротационного течения (аналог «звукового ветра» в нелинейной [13, с. 207–249] физической [20, с. 118–137] акустике) «ротационные» и «реидные» (сверхпластичные) параметры геосреды, как акустические и гидродинамические параметры в нелинейной физической акустике [30, с. 198], тесно переплетаются между собой. Описание таких явлений с одинаковым успехом можно проводить как в рамках гидродинамики — задачи Дирихле-Дедекиндр-Римана, так и в рамках нелинейной физической акустики.

Список литературы

1. Баренбаум А. А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 544 с.
2. Брагинский В. Б. и др. О поисках низкочастотных всплесков гравитационного излучения // УФН. 1985. Т. 147. С. 422-424.
3. Борисенков Е. П., Пасецкий В. М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988.
4. Бороздич Э. В. Короткоживущие подкорковые локальные возмущения (КПЛВ). Их природа и проявления // Исследования в России. Электронный журнал. 2008.
5. Викулин А. В. Ротационные упругие поля в твёрдых телах и вихревые решения проблемы Дирихле: тождественные системы? in Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2005. № 6. С. 89-99.
6. Викулин А. В. Мир вихревых движений. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. 230 с.
7. Викулин А. В. Новый тип упругих ротационных волн в геосреде и вихревая геодинамика // Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1. № 2. С. 119-141.
8. Викулин А. В. Моментная геодинамика, гравитационные волны и сверхтекучесть геосреды // Сейсмичность. Вулканизм. Геодинамика. Сборник трудов. Петропавловск-Камчатский: КамГУ, 2011. С. 384 — 394.
9. Викулин А. В., Тверитинова Т. Ю. Вихревые движения в очаге Чуйского землетрясения 2003 г. // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2011. С. 347-350.
10. Геологический словарь. В 2-х томах. Т. 2. М.: Недра, 1978. 456 с.
11. Дмитриевский А. Н., Володин И. А., Шипов Г. И. Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
12. Долгачев В. А., Доможилова Л. М., Хлыстов А. И. Особенности движения центра масс Солнца относительно барицентра // Труды Гос. Астрономического ин-та им. Штернберга П. К. 1991. Т. 62. С. 111-115.
13. Зарембо Л. К., Красильников В. А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1966. 520 с.
14. Иваненко Д. Д., Фролов Б. Н. Деформация Земли и современная теория гравитации // Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984. С. 93-97.
15. Измайлов В. П., Карагиоз О. В., Пархомов А. Г. Исследование вариаций результатов измерений гравитационной постоянной // Физическая мысль России. 1999. № 12. С. 20-26.
16. Каррыев Б. С. Вот произошло землетрясение. SIBIS. 2009. (<http://www.pablication.ru>)
17. Кинг Л. Морфология Земли. М.: Прогресс, 1967. 559 с.
18. Кондратьев Б. П. Теория потенциала и фигуры равновесия. М. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 624 с.
19. Косыгин Ю. А. Геотектоника. М.: Недра, 1969. 616 с.
20. Красильников В. А., Крылов В. В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984. 400 с.
21. Кузнецов В. В. Введение в физику горячей Земли. Петропавловск-Камчатский: КамГУ, 2008. 367 с.
22. Кузнецов В. В. Ударно-волновая модель землетрясения. I. Сильные движения землетрясения как выход ударной волны на поверхность // Физическая мезомеханика. 2009. Т. 12. № 6. С. 87-96.
23. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1953. 788 с.
24. Ландау Л. Д., Лифшиц И. М. Теория поля. М.: Наука, 2006. 536 с.
25. Леонов М. Г. Тектоника консолидированной коры. Труды геологического института РАН. Вып. 575. М.: Наука, 2008. 457 с.
26. Мясников В. П., Гузев М. А. Неевклидова модель деформирования материалов на различных структурных уровнях // Физическая мезомеханика. 2000. № 3.
27. Полетаев А. И. О понимании роли и значения ротационного фактора в образовании и развитии Земли: факты, дискуссия, выводы. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. 200 с.
28. Проблемы и перспективы развития горных наук. Т. 1. Геомеханика. Труды международной конференции // Ред. Назаров Л. А. Новосибирск: ИГД СО РАН, 2005.
29. Пуцаровский Ю. М., Пуцаровский Д. Ю. Геосферы мантии Земли // Геотектоника. 1999. № 1. С. 3-14.
30. Руденко О. В., Солуян С. И. Теоретические основы нелинейной акустики. М.: Наука, 1975. 288 с.
31. Слензак О. И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
32. Суворов А. И. История мобилизма в геотектонике. М.: Наука, 1994. 224 с.
33. Тимашев С. В. О базовых принципах «нового диалога с природой» // Проблемы геофизики XXI века: в 2-х кн. Кн. 1 / Ред. Николаев А. В. М.: Наука, 2003. С. 104-141.
34. Хаин В. Е., Халилов Э. Н. Цикличность геодинамических процессов: её возможная природа. М.: Научный мир, 2009. 520 с.
35. Хмелевской В. К. (ред.) Геофизика. Учебник. М.: КДУ, 2007. 320 с.
36. Шебалин Н. В. Проблемы макросейсмологии (Вычислительная сейсмология, вып. 34). М.: Наука, 2003. С. 57-200.
37. Carey S. W. The Rheid concept in geotectonics // Bull. Geol. Soc. Austral. 1954. Vol. 1. P. 67-117.
38. Cox C., Chao B. F. Detection of large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998 // Science. Vol. 297. № 2. August 2002. P. 831.