

21. Catalogue of Major Earthquakes which occurred in and near Japan (1963 - 1967) // Seismol. Bull. Japan Meteorolog. Agency. Suppl. 3. Tokyo.1968. 61 p.
22. Centennial Earthquake Catalog: (<http://earthquake.usgs.gov/research/data/centennial.php>)
23. Duda S. J., Secular seismic energy release circum-pacific belt // Tectonophysics. 1965. 2 (5). P. 409-452.
24. Duda S. J. Global earthquakes 1903-1985. Hamburg F.R.Germany: NEIC. 1992. 183 p.
25. ISC: (<http://www.isc.ac.uk/Bulletin/rectang.htm>).
26. JMA: (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>).
27. Mogi K. Migration of seismic activity // Bull. of the Earthquake Res. Inst. 1968 V. 46. P. 53-74.
28. NEIC: (<http://neic.usgs.gov/neis/epic/epicglobal.html>).
29. Vikulin A.V. Earth Rotation, Elasticity and Geodynamics: Earthquake wave Rotary Model // Earthquake Source Asymmetry, Structural Media and Rotation Effects. Berlin, New York: Springer. 2006. P. 273-289.

УДК 550.2: 521.937 + 550.340.6

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЮСОВ С СИЛЬНЫМИ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ И ИЗВЕРЖЕНИЯМИ ВУЛКАНОВ ЗЕМЛИ

В.А. Широков

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: shirokov@kscnet.ru

Введение

Земная ось представляет собой воображаемую прямую линию, вокруг которой происходит вращение нашей планеты. Направление этой оси относительно звезд определяется на основе астрономических наблюдений и привязывается к той точке звездного неба, которая именуется полюсом мира. Известно, что рядом с этой точкой находится Полярная звезда созвездия Малой Медведицы, по которой в северном полушарии и определяется направление на север. Направление мгновенной оси вращения Земли непрерывно меняется, в связи с чем происходит перемещение географических полюсов и, как следствие, изменение координат точек земной поверхности. Благодаря новым методам космической геодезии и астрономии точность определения положения географических полюсов повысилась за последние четверть века более, чем в сто раз, что соответствует нескольким миллиметрам на поверхности Земли. Это расширяет возможности изучения связи характеристик вращения Земли с тектоническими процессами.

На движение полюсов Земли как одного из свойств ее вращения впервые указал в 1687 г. И. Ньютон, а математическая теория этого явления была развита в 1790 г. Л. Эйлером. Но еще во втором веке до новой эры греческий астроном Гиппарх обнаружил медлен-

ное смещение оси вращения Земли относительно полюса мира со скоростью примерно один градус за столетие. Более точные современные вычисления показали, что ось вращения Земли совершает вращательное движение по конической поверхности с периодом около 26 тысяч лет, а само явление получило название прецессии. На это прецессионное смещение оси вращения Земли накладываются другие периодические смещения. Квазипериодические колебания оси вращения Земли связаны с эллипсоидальностью нашей планеты, ее экваториальным вздутием и притяжением Луны и Солнца. Периодическое смещение полюса в виде эллипса с лунным приливным периодом 18.6 года впервые было обнаружено английским астрономом Д. Брадлеем в 1727 г. и было названо нутацией.

Из теории вращения Земли, разработанной еще Ньютоном, следует, что ввиду эллипсоидальности нашей планеты ее полюс вращения должен перемещаться под действием силы, которая выведет его из точки совпадения с наибольшим моментом инерции Земли. Наблюдаемое смещение полюса должно приводить к изменению широты точек земной поверхности. Анализируя длительные ряды широтных наблюдений, часть которых относилась к началу 18-го века, американский исследователь С. Чандлер в 1892 г. выявил 2 периодических колебания координат точек земной поверхности. Одно, вынужденное, совершается в течение земного года, а второе, свободное, составляет примерно 14 месяцев [4, 6, 8 и др.]. В дальнейшем 14-месячные свободные колебания полюсов стали именовать периодом Чандлера. Возникновение вынужденных годовых колебаний связывается с метеорологическими факторами, в основном, с сезонными перемещениями воздушных масс в атмосфере [6, 8 и др.]. Вопрос о причинах возбуждения чандлеровских колебаний до сих пор считается дискуссионным.

При изучении причин возникновения сильных землетрясений и вулканических извержений необходимо учитывать, что ядро и оболочки нашей планеты находятся под влиянием гравитационного, магнитного и электрического полей не только собственно Земли, но и других тел солнечной системы. Без учета космических факторов невозможно выяснить основные особенности протекания сеймотектонических и вулканических процессов, их направленность и общепланетарный характер [5, 8, 9-12 и др.]. Считается, что именно общепланетарные космические факторы являются основной причиной перемещения как географических, так и геомагнитных полюсов [8 и др.].

В настоящей работе сделана попытка выявить связь двух типов гравитационных возмущений, а именно двух составляющих движения географических полюсов, с сильными землетрясениями и извержениями вулканов Земли. Одна из составляющих является периодической 14-месячной чандлеровской компонентой свободных колебаний полюсов, возникающих из-за изменения наклона оси вращения Земли относительно оси наибольшего момента инерции. В результате полюс описывает на поверхности Земли круг или эллипс. Вто-

рая нерегулярная аperiodическая составляющая именуется вековым ходом полюса, траектория которого рассчитывается по средним положениям полюса на середину каждого года. Изучение возможного влияния общепланетарных процессов, приводящих к смещениям географических полюсов нашей планеты, на возникновение сильных землетрясений и наиболее сильных извержений вулканов Земли, а также причинной обусловленности и природы этих взаимосвязанных явлений и является целью данной работы.

Исходные данные

В работе рассматриваются различные ряды геофизических наблюдений для периода после 1900 г. Кратко охарактеризуем использовавшиеся данные.

Смещения географических полюсов. Регулярные астрономические наблюдения за изменениями координат полюсов Земли с помощью мировой сети станций начались в 1891 г. [8]. В 1899 г. была создана Международная служба широты, переименованная в 1961 г. в Международную службу движения полюсов. За счет исключения из кривой перемещений полюса периодических составляющих можно рассчитать его вековой ход по среднегодовым значениям положений полюса. Вековое смещение полюса после эпохи 1900 г. в среднем происходило к западу, в сторону Гренландии, в направлении меридиана 70-80 градусов W [4, 6, 8 и др.]. В работе [4] представлены данные о перемещениях полюса с дискретностью 0.05 года за период 1897-1989 г.г. На их основе авторами по оригинальной методике рассчитаны траектория векового хода полюса и среднегодовые амплитуды его чандлеровских колебаний (радиусы полюдий). В приведенной работе процедура определения среднегодовых радиусов полюдий (на дату 01 июля) основывалась на расчете среднего положения центра окружности по данным 20-ти определений центров окружностей, проходящих через 3 заданные точки, лежащие на полюдии и отстоящие на 0.35 г. друг от друга. Смещение полюса от года к году определялось как длина и направление вектора, соединяющего средние положения полюса для двух последовательных лет. Траектория векового хода и изменения среднегодовых значений радиусов полюдий за период 1900-1986 гг. по данным работы [4] приведены соответственно на рис 1 и 2. Искользовавшиеся данные о траектории векового хода полюса после 1986 г. заимствованы из отчетов Международной службы движения полюса [8].

Сильные извержения вулканов Земли. Для интересующего нас периода, с 1900 г., имеются удовлетворительные, хотя и не очень точные данные об извержениях с объемом изверженных вулканических продуктов около одного кубического километра и более. Данные об извержениях за период 1901-1977 гг. взяты из сводки И.И. Гущенко [3] и дополнены статистикой о сильнейших извержениях последующих лет [1]. Каталог извержений с $V \geq 1 \text{ км}^3$ с указанием местоположения вулканов, дат главных пароксизмов извержений и величин объемов V приведен в таблице 1. Всего отмечено 22 извержения. Исключено лишь извержение 1968 г. на Галапагосских островах с $V=1-2 \text{ км}^3$ [3], связанное с обрушением резургентных

продуктов кальдеры вулкана Фернандина. Все извержения произошли в Тихоокеанском вулканическом поясе. Неравномерно расположены извергавшиеся вулканы по широтам. 11 извержений произошли на широтах от 25° южн. широты до 25° сев. широты. 16 извержений отмечены в северном полушарии. Отмечено лишь 2 извержения к югу от 16° южной широты.

Землетрясения Земли и Камчатки. Выборка сильных землетрясений Земли с $M \geq 7.0$ основывалась на каталоге из [14] и ежегодниках «Землетрясения в СССР». Используемый в работе каталог камчатских землетрясений с магнитудой $M \geq 7.6$ и глубиной очагов до 100 км заимствован из работы [7], а для событий после 1974 г. привлекались данные каталога NEIC Геологической службы США (http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_global.html).

Результаты исследований

Вековой ход смещений полюса и сильные извержения Земли. На рис. 1а по данным [4] для периода 1901-1986 гг. приведена траектория векового хода смещения северного географического полюса в миллисекундах дуги окружности относительно эпохи 1900 г. с указанием места нахождения среднего полюса в середине каждого года. Видно, что генеральная тенденция смещения полюса соответствует направлению по меридиану около 70° зап. долготы (ось x направлена по меридиану 90° вост. долготы, ось y – по меридиану 180°). В разные периоды времени полюс перемещался в широком диапазоне меридиональных направлений.

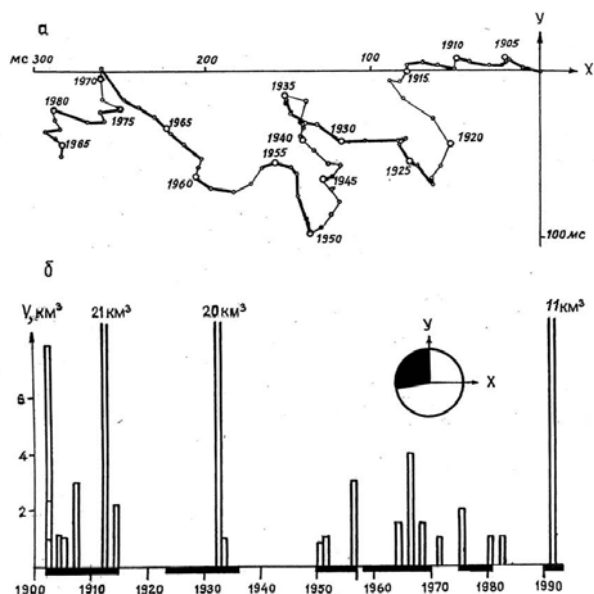


Рис 1. Траектория векового хода северного географического полюса Земли (вид сверху) в период 1900-1986 гг. в миллисекундах дуги окружности (а) и распределение во времени вулканических извержений с объемом изверженных продуктов $V \geq 1 \text{ км}^3$ (б). Ось x направлена по меридиану 90° вост. долготы, ось y – по меридиану 180°. Пояснения в тексте.

Оказалось, что 17 извержений из 19-ти (рис. 1) произошли при перемещениях полюса в диапазоне меридиональных направлений от 80° до 180° западной долготы (зачерненный сектор на рис. 1 б). Эти 17 извержений приурочены к 50-летнему по длительности интервалу: 1901-1914, 1923-1935, 1950-1956, 1960-1969, 1975-1980 гг. (эти временные интервалы обозначены черными прямоугольниками на оси времени). В остальные 36 лет произошло только 2 извержения. Выявленный эффект является статистически значимым с уровнем доверия более

0.99 [2]. По данным Международной службы движения полюсов (см., например, [8]) в период 1990-2000 гг. полюс устойчиво смещался примерно по меридиану 120° зап. долготы. За это время произошло 2 сильных извержения. Таким образом, из 21 извержения 19 подтверждают выявленную связь возникновения сильных извержений Земли с направлением векового перемещения полюса в диапазоне меридиональных направлений от 80° до 180° зап. долготы.

Связь сильных землетрясений и вулканических извержений Земли с вариациями амплитуды межгодовой нутации чандлеровских колебаний полюса. В работе [4] рассчитаны среднегодовые значения величин чандлеровских колебаний полюса, именуемых также радиусами полодий (рис. 2). Из рисунка видно, что вариации радиусов полодий имеют отчетливо выраженную квазипериодическую составляющую с периодом в среднем 6.2 г. Видно, что наиболее устойчивыми по форме были колебания в 1901-1932 и 1945-2006 гг. Радиусы полодий были максимальными в 1910-1916 и 1952-1959 гг. В окрестности этих интервалов произошли 2 группы извержений: 7 событий 1902-1914 гг. и 3 события 1950-1956 гг. Это почти 50% от общего числа извержений на интервале длительностью 25 лет. И наоборот, минимальными были радиусы полодий в 1917-1950 гг., когда на 34-летнем интервале произошло только 2 извержения. Таким образом, вероятность возникновения извержений существенно понижается в периоды, когда межгодовые колебания полюса относительно среднего уровня минимальны.

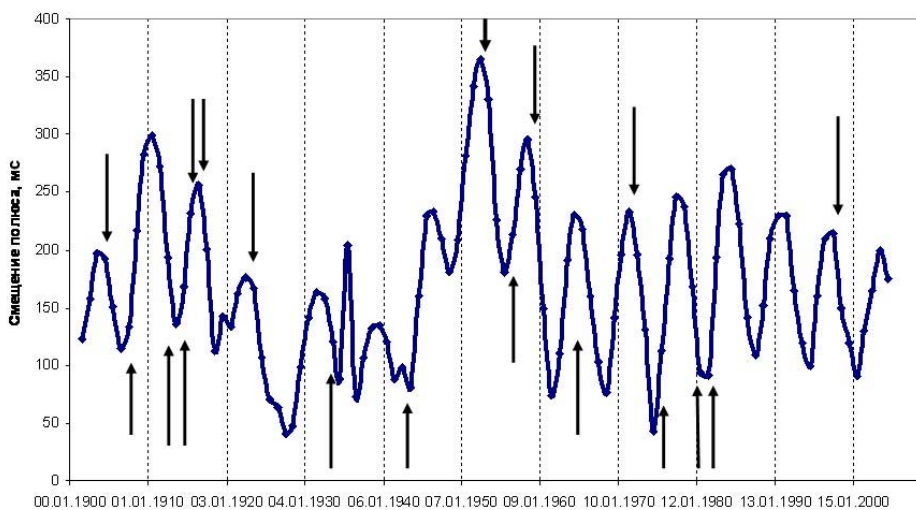


Рис 2. Сопоставление во времени вариаций межгодовых амплитуд 14-месячных чандлеровских колебаний полюса, извержений вулканов северного полушария Земли (стрелки вверх) и землетрясений Камчатки с магнитудой $M \geq 7.6$ (стрелки вниз).

Главная особенность кривой состоит в том, что вариации радиусов полодий с $T_{\text{пол}}=6.2$ г. синхронизированы с лунным приливным периодом обращения узлов лунной орбиты $T_{\text{лун}}=18.6$ г., так как $3 T_{\text{пол}}=18.6$ г. Кратное значение этих периодов указывает на резо-

нансную природу возбуждения межгодовых амплитуд 14-месячных чандлеровских колебаний с периодом 6.2 года. Их резонансный характер подтверждается также большими амплитудами размаха этих колебаний в пределах периодов 6.2 г. Для отдельных циклов амплитуды экстремумов колебаний полюса отличаются в 3-4 раза.

Изучение связи между извержениями Земли и региональными землетрясениями. Проанализируем по методу наложения эпох распределение самых сильных землетрясений с $M > 7.0$ (по одному для каждого извержения) на временных интервалах за 7 лет до возникновения извержений, приняв в качестве нулевых реперов время возникновения извержений. Магнитуды M этих землетрясений (табл. 1) для периода до 1964 г. приведены по каталогу

Таблица. Каталог больших извержений вулканов Земли с 1900 г. с объемом продуктов $V \geq 1 \text{ км}^3$ и наиболее сильные предваряющие землетрясения

№	Вулкан	Регион	Дата пароксизма	$V, \text{ км}^3$	Φ	$R, \text{ км}$	M	$H, \text{ км}$	$T, \text{ лет}$
1	Суфриер-Винсент	Антильские о-ва	6.05.1902	1.4	(0.22)	580	8.4	33	1.5
2	Санта-Мария	Гватемала	24.10.1902	5.4	(0.30)	190	8.4	33	0.1
3	Син-ИвоДзима	Мариан.о-ва	5.12.1904	1.2	0.09	800	8.1	33	2.2
4	Матавану	О-ва Самоа	4.08.1905	1	0.16	760	8	400	2.5
5	Ксудач	Камчатка	28.03.1907	3	0.01	100	8.3	33	2.7
6	Катмаи	Аляска	6.06.1912	21	(0.85)	500	7.2	80	0.4
7	Сакурадзима	Япония	12.01.1914	2.2	0.15	380	8.7	160	2.6
8	Сьерра-Ассуль	Чили	10.04.1932	20	0.04	130	8.3	33	3.4
9	Севергина	Курильские о-ва	9.01.1933	1.5	0.16	170	7.8	135	4.0
10	Парикутин	Мексика	21.02.1943	1	0.80	180	7.7	33	1.8
11	Амбрим	Новые Гебриды	6.12.1950	1	0.05	230	8.1	60	0.05
12	Ламингтон	Новая Гвинея	24.01.1951	1	0.07	380	7.8	33	5.1
13	Безымянный	Камчатка	30.03.1956	3	0.91	410	8.4	20	3.4
14	Шивелуч	Камчатка	12.11.1964	1.5	(0.44)	410	8.2	20	5.5
15	Аву	Индонезия	12.08.1966	3	(0.49)	700	7.7	33	1.6
16	Суфриер-Винсент	Антильские о-ва	17.10.1971	1	(0.40)	330	7.1	100	3.1
17	Пл. Толбачик	Камчатка	6.07.1975	2	0.01	200	7.8	30	3.6
18	Сент-Хеленс	Сев.Америка	18.05.1980	1	0.80	-	-	-	-
19	Эль-Чичон	Мексика	28.03.1982	1	0.10	350	7.8	33	3.4
20	Пинатубо	Филиппины	2.04.1991	8	(0.55)	110	7.8	25	0.7
21	Маунт-Худсон	Ю.Америка	15.12.1991	3	0.59	-	-	-	-

[13], а позднее - по данным ежегодников «Землетрясения в СССР». В таблице указаны также эпицентральное расстояние R землетрясений до вулкана, глубина их очагов H и интервал времени T между началом извержения и предваряющим его наиболее сильным землетрясе-

нием. Лишь 2 извержения (Сент-Хеленс, 1980 г. и Маунт-Худсон, 1991 г.) не предварялись землетрясениями указанной силы. Проанализируем статистику для оставшихся 19-ти извержений.

Анализ распределения величин T показывает, что в пределах 7-летнего интервала перед извержениями землетрясения распределены крайне неравномерно. 13 землетрясений приурочены к интервалу длительностью 2.6 года (1.5-4.0 года до извержения), в то время как в остальные 4.5 года произошло только 6 землетрясений. Гипотеза о случайном распределении сейсмических событий на 7-летнем интервале до начала извержений отвергается с уровнем доверия более 0.95. Землетрясения в интервале 1.5-4.0 лет до начала извержений опережают в среднем время начала извержений на 2.8 года, причем длительность «сейсмоактивного» интервала составляет около трех лет. Таким образом, в среднем примерно на интервале трех лет могут происходить сильные предваряющие землетрясения, а затем в оставшиеся 3 года цикла повышена вероятность возникновения извержений.

Аналогичный результат получен в [9, 10] при сравнительном изучении распределения землетрясений ($M \geq 7$ и $M \geq 7.7$) и извержений ($V \geq 0.5 \text{ км}^3$) 1737-1974 гг. на Камчатке и в северо-западной части Тихого океана по фазам наложенных друг на друга лунных циклов с периодом 18.613 г. Показано, что наиболее сильные землетрясения и извержения происходят в непересекающихся интервалах фаз, причем землетрясения в среднем происходят на 3 года раньше извержений.

Связь извержений и землетрясений с цикличностью 6.2 года. Ранее в работах (9.10) по данным наблюдений XIX-XX веков была выявлена статистически значимая связь сильных землетрясений и вулканических извержений северо-западной части Тихого океана с лунным приливом 18.6 г. Для отдельных регионов значимой оказалась гармоника 6.2 г. этого цикла. Проведем анализ связи извержений вулканов Земли с $V \geq 1 \text{ км}^3$ с цикличностью 6.2 года. По аналогии с работами [9-13] нулевая фаза цикла 18.6 года соответствует эпохе максимального склонения Луны в 19-летнем цикле. В качестве примера укажем, что одна из нулевых фаз приурочена к 2 января 1932 г. т.е. соответствует эпохе 1932.0. От нулевых фаз цикла 18.6 г. ведется также отсчет нулевых фаз циклов 6.2 года. В каждом цикле фазы меняются от 0 до 1.0, причем значения 0 и 1.0 тождественно равны, так как исследуется распределение фаз по кольцу. Значения фаз Φ цикла 6.2 для каждого извержения приведены в таблице. Выяснилось, что все 14 извержений Тихоокеанского пояса, которые произошли в интервале долгот от 130° вост. долготы до 93° запад. долготы и к югу от $57,0^\circ$ северной широты («центральная» зона) приурочены к диапазону фаз от 0.59 до 0.16 (с переходом через фазу 1.0). Этот диапазон занимает 57% длительности цикла 6.2 г. Остальные 7 извержений оказались за пределами указанной выше «центральной» Тихоокеанской зоны, т.е. на ее периферии. Для этих семи извержений значения фаз указаны в скобках. Шесть из семи извержений приурочены к

узкому диапазону фаз от 0.22 до 0.49, занимающему 27% длительности цикла 6.2 г. Это извержения вулканов Суфриер-Винсент (1902 и 1971 гг.), Санта-Мария, Шивелуч, Аву и Пинатубо. Примечательно, что средние значения указанных выше интервалов фаз (0.36 и 0.88) с точностью до трех процентов отстоят на половину периода цикла, т.е. находятся в противофазе. Лишь одно из семи «периферийных» извержений (1912 г., вулкан Катмаи) выпадает из указанной закономерности. Обнаруженный эффект связи «центральных» и «периферийных» извержений с цикличностью 6.2 года является статистически значимым с уровнем доверия более 0.99. Таким образом, «центральные» и «периферийные» извержения Тихоокеанского пояса происходят в противофазе, но для каждой из зон отчетливо выражена цикличность 6.2 года. Можно предположить, что «периферийные» извержения связаны с колебаниями Северо-Американской, Филиппинской и Карибской плит. «Центральные» извержения, вероятно, связаны с колебанием Тихоокеанской плиты.

Как показано выше, в подавляющем большинстве случаев землетрясения в среднем за 3 года предваряют сильные извержения. Очевидно, что и для самых сильных землетрясений, происходивших перед извержениями, также будет выражена цикличность 6.2 г., противофазная для «центральной» и «периферийной» зон. Таким образом, можно считать, что цикличность с периодом 6.2 г. действительно является доминирующей как для извержений, так и для землетрясений

В качестве примера сопоставим распределение десяти извержений северного полушария Земли (Япония, Курилы, Камчатка, Алеутские о-ва и Аляска, Северная Америка, включая Мексику до 16^0 сев. широты), относительно экстремумов кривой радиусов полодий. Эти извержения помечены на рисунке стрелками под кривой. 9 из 10-ти извержений приурочены к фазам минимумов кривой радиусов полодий и соответствуют активному диапазону фаз «центральных» извержений. Как и следовало ожидать, единственным исключением является извержение вулкана Шивелуч, которое приурочено к фазе максимума кривой полодий и к «периферийной» зоне. В отличие от извержений, например, землетрясения Камчатки с $M \geq 7.6$ и глубиной очагов до 100 км («центральная» зона) приурочены к фазе максимумов кривой радиусов полодий (8 событий показаны стрелками над кривой). Эти результаты могут рассматриваться в качестве дополнительного подтверждения выявленной выше цикличности с периодом 6.2 г. В работах [9-11] на примере Камчатки и северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны обнаружено трехлетнее в среднем опережение сильных землетрясений по сравнению с временем возникновения сильных извержений, а в сейсмическом процессе выявлены статистически значимые составляющие с периодом 18.6 г. и 6.2 г. Полученные в настоящей работе результаты согласуются с этими данными.

Модель возбуждения чандлеровских колебаний.

Как уже отмечалось, вопрос о причинах возбуждения и поддержания чандлеровских колебаний полюса остается дискуссионным. Полученные результаты позволяют высказать некоторые соображения по этому вопросу на основе анализа характерных особенностей связи смещений полюса с сейсмичностью и сильными извержениями вулканов Земли, а также предложить феноменологическую модель возбуждения чандлеровских колебаний. Известно, что космические факторы оказывают существенное влияние на геофизические процессы в различных оболочках Земли и представлены широким набором периодических и квазипериодических воздействий [5, 8, 9]. На протяжении геологической истории Земли квазипериодические космические воздействия в разных оболочках Земли привели к возникновению геофизических процессов, которые представлены широким набором периодов, в том числе кратных периодам космических воздействий. В этом случае существенной становится роль резонансных явлений. Как указано в предыдущем разделе, резонансной является природа возникновения межгодовых размахов амплитуд 14-месячных чандлеровских колебаний. Полученные нами данные указывают на то, что цикличность с периодом 6.2 г. в колебаниях полюса некоторым образом связана с сильными извержениями и землетрясениями, для которых характерна цикличность 6.2 года. Известно, что ритмы с периодом 6-7 лет хорошо выражены в геофизических процессах различных оболочек Земли [6, 8, 9, 12 и др.]. Таким образом, важно понять механизм связи сильных извержений, землетрясений и межгодовых вариаций чандлеровских колебаний, для которых проявляется цикличность 6.2 года. Выскажем наши соображения по этому вопросу.

В зонах субдукции литосфера погружается вглубь Земли со скоростью до 10 см в год, причем скорость поддвига максимальна в периоды возникновения сильнейших землетрясений в этих структурных зонах планеты. Можно предположить, что колебательная природа смещений полюсов (чандлеровские колебания и вариации радиусов полюсов) и отклик извержений и землетрясений на ритм 6.2 г, синхронизированный с лунным приливом 18.6 г., являются следствием, с одной стороны, масштабного погружения вещества земных недр вглубь Земли за счет процесса субдукции (когда происходят сильнейшие землетрясения), а с другой, подъема вещества из мантии и литосферы к поверхности Земли (когда происходят наиболее сильные вулканические извержения как индикаторы этого процесса). В настоящей работе, а также в работах [9, 10, 12] на примере Камчатки и северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны обнаружено трехлетнее в среднем опережение сильных землетрясений по сравнению с временем возникновения сильных извержений, а в сейсмическом процессе выявлены статистически значимые составляющие с периодом 18.6 г. и 6.2 г. Таким образом, можно предположить, что цикличность 6.2 года для многих геофизических процессов является доминирующей [6, 9, 10, 12]. В течение цикла 6.2 г. в соответствующих зонах Тихого океана происходит чередование процесса вертикального погружения вещества Земли

и его подъема к земной поверхности. Эта цикличность статистически значимо проявляется в периодических колебаниях полюса, выражающихся в изменениях радиуса полюдий с $T_{\text{пол}}=6.2$ года.

Полученные результаты приводят нас к следующим модельным представлениям. Доминирующая для Земли в целом цикличность в возникновении сильных извержений и землетрясений с периодом 6.2 г. служит подтверждением квазипериодичности перемещений вещества земных недр по вертикали в «центральной» зоне Тихого океана. «Периферийные извержения» имеют подчиненное значение, так как они происходят более, чем в 2 раза реже, а объем их изверженных пород составляет менее 25%. Этот основной ритм синхронизирован с лунным приливным циклом 18.6 г. и связан с процессами сжатия и расширения Земли. Следствием такого рода цикличности, на наш взгляд, являются колебания твердого ядра относительно центра масс нашей планеты [8]. Именно в колебаниях твердого ядра, связанных в основном с движением Тихоокеанской плиты, по нашему мнению, проявляются циклы с различными периодами, в том числе 6.2. Имеющая резонансную природу цикличность с периодом 6.2 г. отчетливо проявляется в вариациях межгодовых амплитуд чандлеровских колебаний, поэтому в колебаниях полюсов она является основной и определяет энергетику геофизических процессов.

Таким образом, можно предположить, что колебания ядра поддерживают масштабные вертикальные перемещения вещества Земли, ее сжатие и расширение с периодом 6.2 года. Наиболее интенсивные доминирующие процессы протекают при этом в Тихоокеанском тектоническом поясе.

Поскольку периодические колебания межгодовых амплитуд чандлеровских колебаний с периодом 6.2 г. и колебаний ядра с приливным ритмом 6.2 г. синхронизированы, это приводит к явлениям резонансов при возникновении сильных землетрясений и вулканических извержений. Эти резонансы могут проявляться и в более широком диапазоне периодов, от суток до нескольких десятков лет, что наиболее полно обсуждалось нами в (9) и подтверждается результатами работ [9, 10, 12, 13]. Это позволило предложить планетарно-резонансную модель подготовки сильных землетрясений, в которой ключевая роль отводится общепланетарным космофизическим факторам [12].

Космические факторы поддерживают энергетику земных процессов, поэтому можно считать, что именно космические воздействия общепланетарной природы (гравитационные, электромагнитные, климатические и метеорологические явления) являются причиной крупномасштабных перемещений земных масс в литосфере и мантии Земли и перемещений ее внутреннего ядра. Планетарные геофизические процессы в различных оболочках Земли, синхронизированные с квазипериодическими космическими воздействиями, приводят к квазипериодическим смещениям земных полюсов. Землетрясения и извержения вулканов, с од-

ной стороны, являются индикаторами этих общепланетарных процессов, а с другой, масштабные процессы поддвига в зонах субдукции и вулканизм вносят свой весомый вклад в процессы перемещения земных полюсов.

Выводы.

1. На основе сопоставления аperiodических перемещений полюсов Земли (векового хода) с временем возникновения сильных вулканических извержений в XX веке с объемом вулканических продуктов $V \geq 1 \text{ км}^3$ ($N=21$) выявлена статистически значимая связь этих явлений. Показано, что подавляющее число извержений (19 из 21-го) произошли в те периоды, когда направление векового хода полюса соответствовало диапазону меридиональных направлений от 80° до 180° зап. долготы.

2. Для извержений вулканов Земли выявлен доминирующий ритм со средним периодом 6.2, который синхронизирован с лунным приливом 18.6 г. и синфазно проявляется в вариациях межгодовых чандлеровских колебаний полюсов. Показано, что сильные извержения Земли и предваряющие их наиболее сильные региональные землетрясения с $M \geq 7.1$ в пределах цикла 6.2 г. происходят в противофазе, так как землетрясения в среднем на 3 года опережают извержения вулканов. Предполагается, что выявленный для извержений и землетрясений приливной отклик с периодом 6.2 г. является одним из основных и связан с масштабными процессами перемещения вещества недр Земли в вертикальном направлении, ее сжатием и растяжением. Этот процесс наиболее ярко выражен в Тихоокеанском тектоническом поясе, где происходит подавляющее большинство сильных землетрясений и извержений вулканов Земли.

3. Предложена модель возбуждения 14-месячных чандлеровских колебаний полюса. Считается, что они поддерживаются крупномасштабными квазипериодическими вертикальными перемещениями вещества планеты с периодом в среднем 6.2 года, квазипериодическими процессами сжатия и растяжения, причиной которых являются общепланетарные космические факторы, вызывающие циклические процессы колебаний внутреннего ядра Земли. Деформационные тектонические процессы, «дирижируемые» колебаниями внутреннего ядра Земли, имеют резонансную природу и являются, на наш взгляд, основной причиной возбуждения 14-месячных чандлеровских колебаний и межгодовых вариаций радиусов полюсов со средним периодом 6.2 года. Землетрясения и извержения вулканов являются, с одной стороны, индикаторами этих общепланетарных процессов, а с другой, вносят весомый вклад в процессы перемещения земных полюсов.

Автор выражает благодарность сотрудникам ИВиС ДВО РАН В.Н. Волошину, Л.И. Гонтовой и В.В. Иванову за содействие в выполнении работы.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН 06 III А – 08 – 336.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богоявленская Г.Е., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. и др. Катастрофические извержения типа направленных взрывов на вулканах Сент-Хеленс, Безымянный, Шивелуч. Вулкан. и сейсмология. 1985. № 2. С. 3-36.
2. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1965. 464 с.
3. Гущенко И.И. Извержения вулканов мира. Каталог. М.: Наука, 476 с.
4. Котляр П.Е., Ким В.И. Положение полюса и сейсмическая активность Земли. Новосибирск.: ОИГГМ СО РАН, 1994. 126 с.
5. Кропоткин П.Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике // Геотектоника. 1970. № 2. С. 30-76.
6. Максимов И.В., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Океан и космос. Ленинград. Гидрометеорологическое изд-во, 1970. 216 с.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин). М.: Наука, 1977. 536 с.
8. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. М.: Физматлит, 2002. 383 с.
9. Широков В.А. Влияние космических факторов на геодинамическую обстановку и ее долгосрочный прогноз для северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны // Вулканизм и геодинамика. М.: Наука, 1977. С. 103-115.
10. Широков В.А. Влияние девятнадцатилетнего лунного прилива на возникновение больших извержений камчатских вулканов и землетрясений и их долгосрочный прогноз // Геологические и геофизические данные о Большом трещинном Толбачинском извержении 1975-1976 гг. М.: Наука, 1978. С. 164-170.
11. Широков В.А. Некоторые вопросы методики комплексного прогноза побочных извержений вулкана Ключевского // Вулканология и сейсмология. 1985 № 6. С. 40-55.
12. Широков В.А. Опыт краткосрочного прогноза времени, места и силы камчатских землетрясений 1996-2000 гг. с магнитудой $M=6-7,8$ по комплексу сейсмологических данных // Вулканизм и геодинамика. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 95-116.
13. Широков В.А., Серафимова Ю.К. О связи 19-летнего лунного и 22-летнего солнечного циклов с сильными землетрясениями и долгосрочный сейсмический прогноз для северо-западной части Тихоокеанского пояса // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Выпуск 8. С. 120-133.
14. Duda S.J. Secular seismic energy release in the Circum-Pacific belt // Tectonophysics. № 2 (5). 1965. 89 p.