

**РЕАЛИЗАЦИЯ ДОЛГОСРОЧНО-КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ РАЙОНА ЖЕЛОБА НАНКАЙ (ЯПОНИЯ) С $M \geq 8.2$ ДО 3500 г. СО
ВРЕМЕНЕМ ТРЕВОГИ 196 СУТОК**

Широков В.А.

*Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки ФИЦ ЕГС
РАН, г. Петропавловск-Камчатский, shirokov@emsd.ru*

Введение

Впервые предложенная методика долгосрочно-краткосрочного прогноза (ДКП) землетрясений учитывает влияние на сейсмичность Земли двух возмущающих сил: с периодом 18.613 г. при пересечении лунной орбиты с эклиптической и с периодом 1.0 г. при обращении центра масс Земли и Луны по эклиптике вокруг Солнца. Используемый в работе каталог землетрясений автора японской 7-балльной макросейсмической шкалы Ф. Омори [10] для района желоба Нанкай является выборкой девяти землетрясений с $M \geq 8.2$ с начала VII века. В отечественном издании каталог приведен в [3]. Для восьми землетрясений принято, что события произошли в середине суток UT по Григорианскому календарю, поэтому ошибка по времени не превышает 12 часов. Для Великого Японского землетрясения 01.09.1923 г. время в очаге известно с точностью до минуты.

Прогноз основан на расчете *целочисленных резонансных ритмов* (ЦРР), использовавшихся ранее в приближенном варианте в астрономии при изучении вращений и обращений пар планет, комет и спутников планет [1, 8, 22]. Впервые целочисленные резонансы для частот обращений планет и на примере трех Галилеевых спутников Юпитера были выявлены Лапласом [22 и др.]. Поясним термин ЦРР. Если в системе отношения периодов колебаний, вращений или обращений кратны отношению целых чисел, то говорят, что они находятся в целочисленном резонансе [1]. В этом случае колебания с периодом T_x будут связаны с периодом колебаний T_y соотношением

$$m \cdot T_x \approx n \cdot T_y \approx T_{\text{цикл}} \quad (1)$$

Здесь m и n – целые числа, а $T_{\text{цикл}}$ – полный цикл резонанса, равный квадратному корню из произведения m , n , T_x , T_y , (среднегеометрическое значение). Резонансы могут быть полезными, но и приводить к разрушительным последствиям [2], поэтому у автора появилась идея использования ЦРР для прогноза сильных землетрясений и вулканических извержений [17–19 и др.].

Рассматриваемые землетрясения с нормальной глубиной очага (менее 70 км) происходили в линейно вытянутой тектонической зоне района желоба Нанкай, простирающейся с северо-востока (с широты г. Токио) на юго-запад [4, 10]. Их очаги расположены на пологой части берегового подводного склона вблизи о-вов Хонсю и Сикоку. Используя мировое время UT, укажем даты, месяцы, годы и в скобках магнитуды восьми событий с $M \geq 8.2$ по определениям Ф. Омори [10], а для землетрясения 01.09.1923 г. по данным поверхностных волн мировой сети сейсмостанций. Приведем список событий: 23.08.887 ($M = 8.6$), 17.12.1096 (8.4), 3.08.1361 (8.4), 20.09.1498 (8.6), 03.12.1703 (8.2), 28.10.1707 (8.4), 23.12.1854 (8.3), 24.12.1854 (8.4), 01.09.1923 (8.2).

Методика выявления резонансных ритмов

В соответствии с нашей моделью предложено новые ЦРР T_x (далее – *резонансные ритмы*, иногда просто *ритмы*), связанные с возмущающим ритмом T_y , рассчитывать не по приближенным, а по точным формулам:

$$T_x = (m / n) \cdot T_y \quad (2)$$

Как указано выше, в данной работе рассматриваются два возмущающих ритма: $T_y(1) = 18.613$ г. и $T_y(2) = 1.0$ г. Третий возмущающий ритм, равный одним суткам, т.е. 24-м часам, использовался нами для прогнозов землетрясений со временем упреждения менее месяца и недели в [16, 20 и др.].

В формуле (2) m и n – целые числа, каждое из которых представляет собой в общем случае произведение простых чисел, которые могут повторяться, но если для m и n появляются общие делители, их следует сократить. Для каждого ритма выбирается начальная нулевая фаза. Принято, что нулевые фазы соответствуют моменту времени 600.0 г., т.к. первое событие каталога Ф. Омори с $M \geq 7.9$ произошло в 684 г. [10]. Фазы ритмов меняются от 0 до 1.0 по кольцу, причем $\Phi = 0$ и $\Phi = 1.0$

тождественно равны. Для ритма T_X число уже закончившихся циклов для любого из девяти землетрясений с $M \geq 8.2$, возникшего в момент времени t , равно целому значению равенства

$$D = (t - 600.0 \text{ г.}) / T_X \quad (3)$$

Остаток от целого определяет фазу события Φ .

$$\Phi = D - \text{Entier } D \quad (4)$$

Здесь *Entier* – целая часть [6]. Время t следующих друг за другом нулевых фаз ритмов рассчитывается по рекуррентной формуле

$$t(\Phi) = 600.0 + n \cdot T_X, \quad (5)$$

где $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

При подборе статистически значимых (по уровню < 0.01) ритмов T_X , принято условие приуроченности каждого из 9-ти землетрясений только к активной фазе $\Phi_{\text{АКТ}}$ ритмов. В этом случае вероятность P случайного распределения землетрясений по фазе ритмов T_X , рассчитываемая по формуле Бернулли $P = (\Phi_{\text{АКТ}})^9$, не должна быть больше 0.01. Значения $P < 0.001$ принято считать высокосignificantными.

Возникает вопрос, как можно выявить ритмы, связанные, например, с лунным 18.613 г., т.к. процедура перебора неограниченного числа значений m и n в формуле (2) неэффективна и выявление значимых резонансных ритмов становится почти неразрешимой задачей. Воспользуемся уже апробированными высокосignificantными ритмами с целью использования их долей и кратных для выявления ритмов японских землетрясений. Например, для восьми сильнейших вулканических извержений Тихоокеанского пояса с объемом продуктов в годовых по длительности интервалах от четырех до 150 км³ нами выявлен ритм **9.771825 г.** [19] с шириной активного коридора 10.23%, что соответствует $P = 0.00000001$. Оказалось, что 20-кратное значение ритма-донора **9.771825 г.**, равное **195.4365 г.**, является для событий с $M \geq 8.2$ значимым ритмом (табл.). Значимым оказался также ритм **186.13 г.** (табл.), равный 10-кратному значению ритма **18.613 г.**, выявленного для землетрясений различных регионов Земли [6, 9, 15–17]. Для ритмов **195.4365 г.** и **186.13 г.** полный цикл резонанса равен произведению ритмов, поделенному на модуль их разницы. В итоге получим, что $T_{\text{ЦИКЛ}} = 3908.73 \text{ г.}$ При делении **3908.73 г.** на значения двух ритмов, получим числа соответственно 20 и 21. Поэтому формула резонанса, в которую включен и возмущающий ритм **18.613 г.**, будет иметь вид:

$$20 \cdot (195.4365 \text{ г.}) = 21 \cdot (186.13 \text{ г.}) = 210 \cdot (18.613 \text{ г.}) = 3908.73 \text{ г.} \quad (6)$$

Из (6) следует, что **195.4365 г.** = $(210 / 20) \cdot 18.613 \text{ г.}$ = $(21 / 2) \cdot 18.613 \text{ г.}$. Т.е. мы рассчитали значения $m = 21$ и $n = 2$ в модельной формуле (2). Аналогично для ритма **186.13 г.** $m = 10$ и $n = 1$. Из (6) становится понятным, что процедура выявления других новых ритмов связана с последовательным делением **3908.73 г.** на числа 22, 23, 24, 25 и т.д. с последующей проверкой значимости получающихся ритмов.

Таким образом, зная значение $T_{\text{ЦИКЛ}}$, легко находятся значения m и n , а также ясна процедура выявления новых резонансных ритмов. Далее проводился поиск высокосignificantных ритмов с шириной активных фазовых коридоров менее 25%, чтобы достичь более высокой эффективности прогноза. Выявлены три таких ритма, полученных при делении **3908.73 г.** на числа 57, 800 и 1140 (табл.). При делении на 800 получен ритм **4.8859125 г.** (табл.), вдвое меньший уже использовавшегося нами ритма-донора **9.771825 г.**

Времена начала $t(\text{нач})$ и конца $t(\text{кон})$ опасных интервалов времени для каждого из пяти новых резонансных ритмов получаем с помощью Excel с использованием рекуррентных формул: $t(\text{нач}) = \Phi_{\text{НАЧ}} \cdot T_X + 600.0 \text{ г.} + n \cdot T_X$, где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ и т.д. до 3500.0 г. Расчет $t(\text{кон})$ аналогичен. Значения $\Phi_{\text{НАЧ}}$ и $\Phi_{\text{КОН}}$ для первых пяти ритмов приведены в таблице.

Перейдем к ритмам, связанным с годовым ритмом 1.0 г. Из списка землетрясений видно, что события происходили внутри года не ранее 3 августа, что указывает на их годовой ритм. С 4-го по 16-е число каждого из пяти последних месяцев года события отсутствуют. В августе – ноябре события происходили с 17-го числа по 3-е число следующего месяца, а в декабре с 17 по 31 декабря. Опасными были поочередно 18, 17, 18, 17 суток и в конце декабря 15 суток. Сумма в среднем опасных 17.5 и 13-ти неопасных суток равна 30.5 суток, т.е. двенадцатой части года. В итоге комбинация ритмов 1.0 и (1/12) г. соответствует 86 опасным суткам с 3.08 до 31.12 включительно. 86 опасных суток составляют в среднем 0.23546 г., что соответствует $P = 0.000002$.

Для прогноза используются также значимый 14-месячный чандлеровский ритм **1.2 г.** [4] и равный полному циклу резонанса ритм с периодом **6.0 г.**, проявляющийся в вариациях межгодовых амплитуд колебаний географических полюсов. За начальные нулевые фазы ритмов выбрана эпоха 600.0 г. Приведем формулу резонанса связи этих ритмов с годовым:

$$5 \cdot (1.2 \text{ г.}) = 6.0 \text{ г.} = 6 \cdot (1.0 \text{ г.}) = T_{\text{цикл}} \quad (7)$$

Основные параметры ритмов **1.2 г.** и **6.0 г.** приведены в таблице. Из (7) следует, что оба ритма являются не приближенными, а точными резонансными ритмами. Таким образом, чандлеровский ритм **1.2 г.** является резонансным, что получено впервые.

Таблица. Основные параметры ($\Phi_{\text{нач}}$, $\Phi_{\text{кон}}$, $\Phi_{\text{акт}}$) активных фаз резонансных ритмов T_i и оценки вероятности P случайного распределения землетрясений района желоба Нанкай с $M \geq 8.2$ по фазе каждого ритма; i – номер ритма, $\Phi_{\text{акт}} = \Phi_{\text{кон}} - \Phi_{\text{нач}}$. Пояснения в тексте.

i	Период ритма T_i	$\Phi_{\text{нач}}$	$\Phi_{\text{кон}}$	$\Phi_{\text{акт}}$	P
1	195.4365 г.	0.421403946186	0.896854841511	0.47545	0.001
2	186.13 г.	0.545428920279	1.111513958796	0.5661	0.006
3	3908.73 г./ 57	0.098208194239	0.302680745303	0.2042	0.0000006
4	3908.73 г./ 800	0.712291084596	0.940090726803	0.228	0.000002
5	3908.73 г./ 1140	0.894712845139	1.120725966101	0.226	0.000002
6	6.0 г.	0.611015525114	1.163242009132	0.5523	0.005
7	1.2 г.	0.656392694064	1.186073059361	0.5297	0.003

Реализация методики долгосрочно-краткосрочного прогноза

Для долгосрочно-краткосрочного прогноза выбраны 9 ритмов, из которых 5 связаны с 18.613 г. и 4 с годовым. Самый длительный активный внутригодовой интервал равен 18 суткам, поэтому прогноз именуется долгосрочно-краткосрочным. Алгоритм прогноза прост: землетрясения ожидаются только в периоды совпадения опасных интервалов времени всех девяти ритмов, т.к. вне активных фаз любого ритма землетрясения не происходили и поэтому не ожидаются.

Используя данные файлов Excel, в которых приведены начало и конец опасных интервалов времени семи ритмов, сначала были рассчитаны опасные интервалы для двух ритмов (195.4365 г., 186.13 г.) с 2018.0 г. до 3500.0 г. Таких интервалов оказалось 9. Затем эти интервалы уменьшались при их сопоставлении с остальными ритмами (табл.). По данным первых пяти ритмов, связанных с 18.613 г. (табл.), рассчитаны 9 опасных интервалов времени: 2050.413–2050.758, **2060.268–2060.599**, 2255.704–2256.036, 2259.807–2259.909, **2265.016–2265.632**, 2475.142–2475.902, **3223.032–3223.416**, 3486.851–3497.057, 3496.897–3497.674. Три интервала, обозначенные жирным шрифтом, оказались в дальнейшем неопасными, т.к. они не попадают в одну или более активных фаз ритмов, связанных с годовым ритмом. Поэтому ДКП до 3500.0 г. по девяти ритмам содержит всего 6 опасных интервалов. С учетом точно рассчитанных 86 опасных суток, приведем теперь 6 опасных по прогнозу лет, для которых в скобках приведено общее количество опасных суток: 2050 г. (36 суток), 2225 г. (67 суток), 2259 г. (8 суток), 2475 г. (51 сутки), 3486 г. (9 суток), 3496 г. (25 суток). В итоге получим 196 опасных суток. Обратим внимание на то, что одна из пауз между ожидаемыми землетрясениями в 2475 г. и 3486 г. равна 1010 лет, что составляет 68% от общего времени прогноза 1482 г.

Оценим эффективность прогноза I по ретроспективным данным по определению А.А. Гусева [5]. Значение I равно отношению доли ретроспективно спрогнозированных событий к доле тревожного времени относительно общего времени прогноза. При случайном прогнозировании I в среднем равно единице. Поэтому значение I по А.А. Гусеву показывает, во сколько раз эффективность оцениваемой методики прогноза лучше случайного прогнозирования. 196 опасных суток для среднего гражданского года 365.2425 суток [8] составляют в годах долю $196 / 365.2425 = 0.53663$ г. Общее время прогноза равно 3500.0 г. - 2018.0 г. = 1482.0 г. Доля опасных суток 0.53663 г. относительно 1482.0 г. равна 0.0003621. Доля событий, соответствующих прогнозу, равна 1.0. В результате эффективность прогноза $I = 1.0 / 0.0003621 = 2761.7$. Конечно, девяти землетрясений с $M \geq 8.2$ за 13 веков, соответствующих примерно третьей части полного цикла резонанса 3908.73 г., недостаточно для надежного определения границ активных фазовых коридоров. Со временем ширина активных коридоров может только расширяться за счет возможных пропусков цели. Корректировка прогноза неизбежна, т.к. число землетрясений в исходном каталоге мало.

О физической природе резонансных ритмов и роли механизма геодинamo во внешнем ядре при возникновении землетрясений

В работе 2001 г. [16] при рассмотрении модели подготовки сильных землетрясений в качестве одного из двух ключевых положений модели предложено использовать явление резонанса. Лишь спустя 12 лет началось использование *целочисленных резонансных ритмов* для долгосрочного

прогноза землетрясений и извержений вулканов [17–19]. В данной работе методика прогноза основана на модели влияния на сейсмичность возмущающих сил с периодом 18.613 г. и 1.0 г. Согласно модели резонансные ритмы T_X рассчитываются по формуле $T_X = (m/n) \cdot T_Y$, где T_Y – возмущающий ритм. Этот подход стал основой долгосрочно-краткосрочного прогноза землетрясений района желоба Нанкай с $M \geq 8.2$ до 3500.0 г. с общим временем тревоги 196 суток и эффективностью прогноза 2761. Землетрясения до 3500.0 г. ожидаются в 2050, 2255, 2259, 2475, 3486, 3496 гг.

Известно, что приливное воздействие Луны и Солнца является весьма слабым, чтобы считать его причиной возникновения сильных землетрясений. Поэтому попытаемся ответить на вопрос о том, какие механизмы могут обеспечить энергетику детерминированной связи возмущающих космических ритмов со статистически значимыми целочисленными резонансными ритмами.

По современным представлениям главное геомагнитное поле имеет внутривоздушное происхождение и объясняется существованием в жидком ядре Земли, вращающемся с большей скоростью относительно коры-мантии (западный дрейф), протяженных радиально ориентированных встречных потоков электропроводящего вещества (диполей), т.е. поле связывают с механизмом геодинamo [11, 13, 14]. Геодинamo представляет сложную колебательную систему, характеризующуюся спектром магнитогеодинамических колебаний от долей суток до 10 тысяч лет [7]. В наиболее разработанных моделях геодинamo считается, что основные события генерации магнитного поля происходят в очень узком слое (десятки – сотни метров) на границе хорошо проводящего ядра и плохо проводящей мантии [13]. Хаотично ориентированные электроны ядра за счет силы Лоренца, перпендикулярной оси диполей, начинают дрейфовать к границе ядро-мантия [11]. Магнитная энергия ядра на 3–4 порядка превышает энергию других крупномасштабных движений [13], поэтому, на наш взгляд, *при увеличении скорости вращения ядра после ее уменьшения дрейф электронов к границе ядро-мантия может приобретать лавинный характер*. В этом случае на этой границе появится значительный электрический заряд, который должен быстро разрядиться на границах в верхней мантии и земной коре, где располагаются очаги готовящихся землетрясений. Этот быстро протекающий общепланетарный процесс приведет к появлению вблизи земной поверхности отрицательных аномалий градиента потенциала атмосферного электрического поля в разных зонах Земли и к группированию во времени сильных мировых землетрясений [12, 18, 20, 21]. Описание этого общепланетарного механизма впервые приведено нами в работе [21].

Ближе всего к ядру расположены землетрясения больших глубин. Рассмотрим проявление сейсмического отклика глубоких курило-камчатских землетрясений [18] с 1900 г. ($M \geq 7.3$, $H \geq 340$ км, $N = 13$ событий) на резонансные ритмы. Для этих событий рассчитан полный цикл резонанса **781.746 г.**, равный произведению двух самых продолжительных ритмов, поделенному на модуль их разницы. При делении **781.746 г.** на числа 14, 15, 16, 120, 240 и 320 выявлены один значимый ($P = 0.002$) и 5 высокозначимых резонансных ритмов (55.839 г., 52.1164 г., 48.859125 г. и т.д.). Ритм 781.746 г. / 320 выявлен ранее [18]. Аналогичен отклик глубоких мировых землетрясений с 1973 г. с $M_w \geq 7.4$. Сейсмический отклик на резонансные ритмы глубоких землетрясений служит дополнительным подтверждением их связи с процессами геодинamo в ядре и на границе ядро-мантия.

На основании полученных результатов можно сделать выводы о неслучайности возникновения сильных землетрясений, их связи с процессами геодинamo в жидком ядре Земли и резонансной природе процессов разрушения геосреды. Поэтому нашу планету можно рассматривать как многоритмичный резонатор в гравитационно-устойчивой системе Солнце–Земля–Луна.

Благодарности. Автор выражает признательность учителю математики средней школы г. Топки Кемеровской области, ветерану Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Анатолию Андриановичу Савкину. Его нацеленность учеников на наиболее простые и нестандартные решения математических задач, доброжелательность в общении со школьниками во многом определили судьбы выпускников. Выражаю признательность коллегам И.Р. Абубакирову, Л.А. Белкиной, Н.В. Большаковой, А.В. Викулину, О.А. Войтенко, В.Н. Волошину, В.Н. Дубровскому, И.К. Дубровской, В.Ю. Иванову, Г.П. Пономареву, В.Г. Романюк, Ю.К. Серафимовой, И.И. Степанову, А.В. Сумакову, П.П. Фирстову, В.Н. Чеброву, Н.В. Широковой и Н.А. Якунину за содействие при проведении исследований. Особую благодарность выражаю А.А. Гусеву и А.Н. Кролевцу за конструктивные советы и важные критические замечания.

Список литературы

1. Бялко А.В. Наша планета – Земля. Библиотечка Квант. Вып. 29. М.: Наука, 1989. 240 с.
2. Вайнберг Д.В., Писаренко Г.С. Механические колебания и их роль в технике. М.: Наука, 1965. 276 с.

3. Викулин А.В., Викулина С.А. Закономерности размещения очаговых областей в районе желоба Нанкай / Петропавловск-Камчатский: Камчатская геофизическая станция ИФЗ АН СССР. Препринт № 5. 1989. 43 с.
4. Викулин А.В., Кролевец А.Н. Чандлеровские колебания полюса и сейсмотектонический процесс // Геология и геофизика. 2001. № 6. С. 996–1009.
5. Гусев А.А. Прогноз землетрясений по статистике сейсмичности // Сейсмичность, сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. Новосибирск: Наука, 1974. С.109–119.
6. Гусев А.А., Петухин А.Г. О возможной синхронизации сильных землетрясений лунным 18.6-летним циклом, его долями и кратными // Вулканология и сейсмология. 1997. № 3. С. 64–79.
7. Жаркет В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 415 с.
8. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии. М.: Физматгиз, 1961. 494 с.
9. Ламакин В.В. О периодичности байкальских землетрясений // ДАН СССР. 1966. Т. 130. № 2. С. 210–213.
10. Омори Ф. Каталог описаний сильных землетрясений Японии (на японском языке) // Южно-Сахалинск: Фонды ИМГИГ ДВО РАН. 1913. Том 68 (В). 180 с.
11. Расулов Д.Х. Геомагнетизм и геоэлектричество. Происхождение и взаимосвязь. Ташкент: Изд. «ФАН» АН Республики Узбекистан, 2007. 235 с.
12. Руленко О.П., Широков В.А., Маранулец Ю.В. и др. Отрицательные аномалии атмосферного электрического поля у поверхности земли на станции «Карымшина» в августе 2009 г. и их связь с активизацией планетарной сейсмичности // Сборник докладов V Международной конференции «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений», с. Паратунка, Камчатский край, 2–7 августа 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2010. С. 424–427.
13. Соколов Д.Д. Геодинамо и модели генерации геомагнитного поля (обзор). Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Том 44. № 5. С. 579–589.
14. Френкель Я.И. Земной магнетизм // Известия АН СССР. Сер. физ. 1947. № 6. С. 607–616.
15. Широков В.А. Влияние космических факторов на геодинамическую обстановку и ее долгосрочный прогноз для северо-западной части Тихоокеанской тектонической зоны // Вулканизм и геодинамика. М.: Наука, 1977. С. 103–115.
16. Широков В.А. Опыт краткосрочного прогноза времени, места и силы камчатских землетрясений с магнитудой $M = 6-7.8$ по комплексу сейсмологических данных // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВГИГ ДВО РАН, 2001. С. 95–116.
17. Широков В.А. О ключевой роли целочисленных резонансов при изучении причин возникновения 11- и 22-летних циклов солнечной активности и сильных мировых землетрясений // Материалы Четвертой региональной научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России», г. Петропавловск-Камчатский, 29 сентября – 5 октября 2013 г. / Отв. ред. В.Н.Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 210–214.
18. Широков В.А. О ключевой роли резонансных ритмов при подготовке глубокого Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г., $M_w = 8.3$ // Сильные камчатские землетрясения 2013 года / Под ред. В.Н. Чеброва. Петропавловск-Камчатский: Холд. комп. «Новая книга», 2014. С. 139–144.
19. Широков В.А. О резонансной природе наиболее сильных извержений вулканов Земли и их прогноз на ближайшие десятилетия по данным наблюдений с 1700 г. // Труды Пятой научно-технической конференции "Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России", г. Петропавловск-Камчатский, 27 сентября – 3 октября 2015 г. Обнинск: ГС РАН, 2015. С. 306–310.
20. Широков В.А., Фирстов П.П., Макаров Е.О., Степанов И.И., Степанов В.И. Возможный подход к краткосрочному прогнозу сильнейших землетрясений на примере Тохоку (Япония) 11 марта 2011 г., $M_w = 9.0$ // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 4. С. 5–22.
21. Широков В.А., Широкова Н.В., Бузевич А.В. О причинах появления «удаленных» геофизических предвестников, регистрирующихся на заключительной, около недели, стадии подготовки сильных мировых землетрясений // Сборник докладов V Международной конференции «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений», с. Паратунка, Камчатский край, 2–7 августа 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2010. С. 478–482.
22. Laplace P.S. Theorie des satellites de Jupiters (suite) // Memories de Academic Royale des Sciences de Paris. France. Berlin. 1789. P. 237–296.