

# ПРОГНОЗ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ТИХООКЕАНСКОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА НА БЛИЖАЙШИЕ 20 ЛЕТ

Широков В.А., Серафимова Ю.К.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский;  
e-mail: shirokov@kscnet.ru; yulka@emsd.ru*

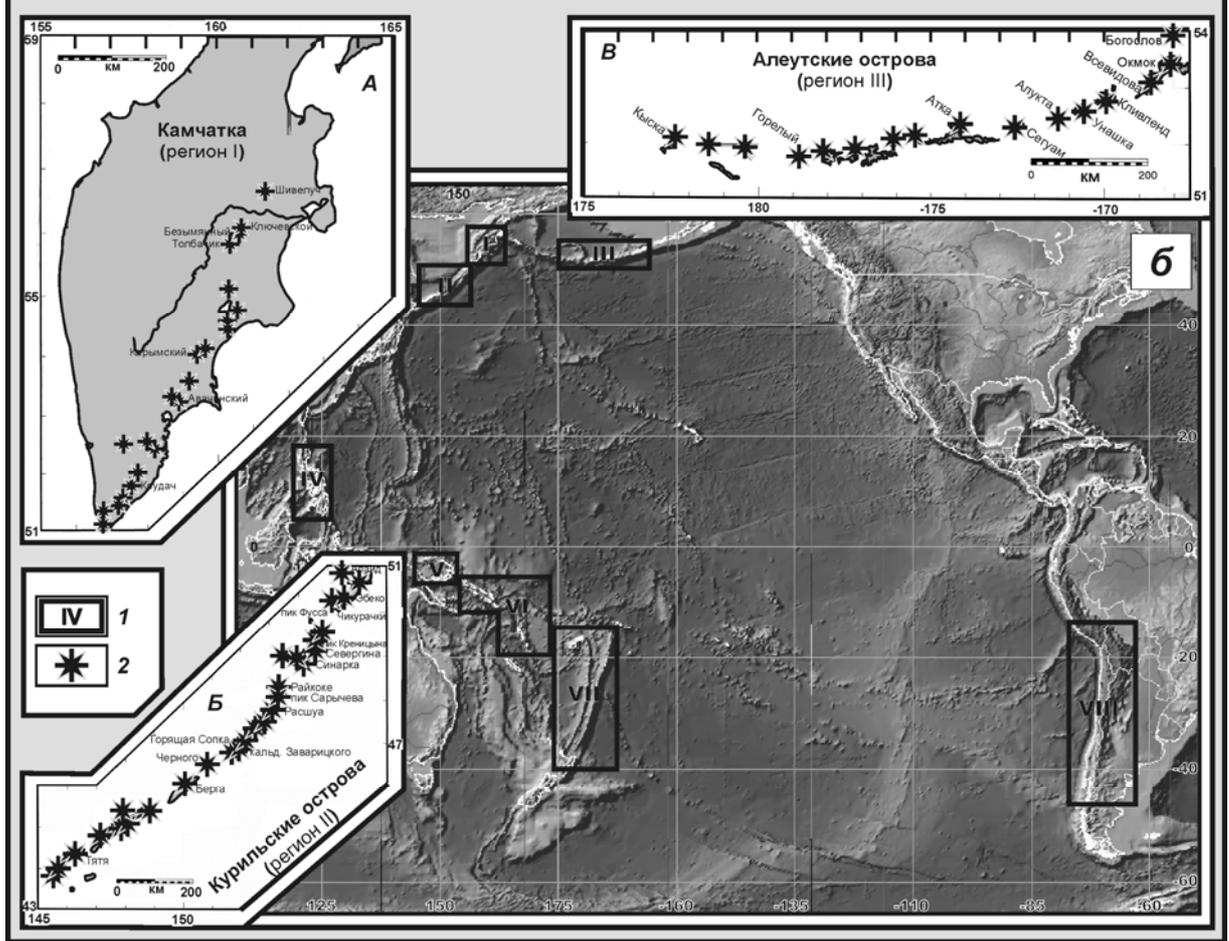
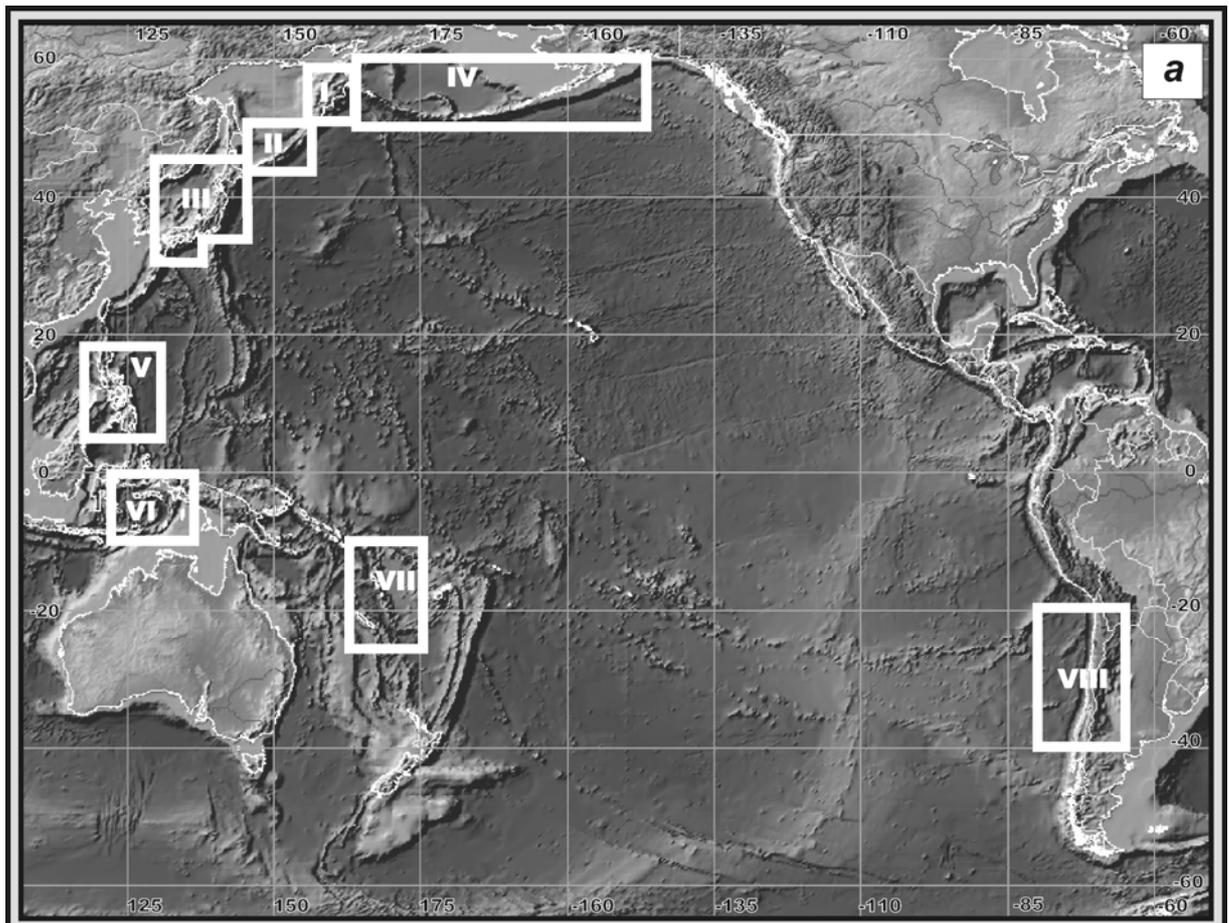
## Введение

В различных природных процессах наблюдаются ритмы продолжительностью от долей суток до нескольких сотен миллионов лет. Большинство известных земных ритмов имеют космические причины и связаны с изменением взаимного положения Солнца, Луны и планет солнечной системы, с вращением Солнца, его активностью и т.д. (солнечные сутки, 27 суток, год, 11-летняя, 22-летняя и вековая цикличности солнечной активности, лунные и лунно-солнечные приливы с периодами около суток, 29.53 суток, 18.6 года и т.д.). Изучение роли ритмов в возникновении сильных землетрясений и извержений вулканов имеет важное прогностическое значение (Абдурахманов и др., 1971, 1976; Гусев, Петухин, 1997; Кропоткин, 1970; Ламакин, 1966; Серафимова, 2006; Сытинский, 1982, 1989; Широков, 1973, 1977, 2001, 2008; Широков, Серафимова, 2006, 2007; Hamilton, 1973; и др.). В большинстве работ этого направления исследуются отдельные ритмы без изучения их совместного влияния на геофизические процессы.

В работе (Широков, Серафимова, 2006) впервые исследовалось **совместное влияние 19-летнего лунного прилива и 22-летнего солнечного цикла** на возникновение сильных землетрясений. Для четырех регионов Тихоокеанского тектонического пояса выявлена статистически значимая связь землетрясений XVIII-XXI веков с указанными космическими ритмами и на ближайшие 20 лет рассчитаны «опасные» временные интервалы, в которых вероятность возникновения сильных событий на порядок выше по сравнению со средней вероятностью для всего периода наблюдений. Этот подход был реализован и для других регионов Тихоокеанского пояса (Широков, Серафимова, 2007).

Новизна настоящей работы состоит в том, что разработанный нами метод долгосрочного прогноза впервые реализован для вулканических извержений восьми регионов Тихоокеанского тектонического пояса. Необходимость проведения этого исследования связана также с тем, что при составлении долгосрочных прогнозов на ближайшие 20 лет необходимо знать время начала эпохи минимума текущего 22-летнего цикла Хейла, рассчитанное по среднемесячным значениям чисел Вольфа в годовых по длительности интервалах. Эти оценки в последние полтора года неоднократно менялись, поэтому сделанные ранее прогнозы (Широков, Серафимова, 2006, 2007) необходимо скорректировать и оценить эффективность прогнозов для каждого региона по ретроспективным данным.

**Рис. 1.** Схема расположения исследуемых регионов Тихоокеанского тектонического пояса: *a* – регионы, для которых производились выборки землетрясений: I – Камчатка, II – Курильские острова, III – Япония, IV – Алеутские острова, V – Филиппинские острова, VI – о. Новая Гвинея, VII – о-ва Новые Гебриды, VIII – Южная Америка; *б* – регионы, для которых производились выборки вулканических извержений: 1 – контуры регионов с указанием их номеров: I – Камчатка, II – Курильские острова, III – Алеутские острова, IV – Филиппинские острова, V – о. Новая Гвинея, VI – о-ва Новые Гебриды – Соломоновы о-ва, VII – Новая Зеландия – о-ва Тонга, VIII – Южная Америка; 2 – вулканы и кальдеры; на врезках: *A* – регион I (Камчатка), *B* – регион II (Курильские острова), *B* – регион III (Алеутские острова). Использовано изображение рельефа из программы WinETDB (Expert Tsunami Data Base Pacific) лаборатории цунами Института вычислительной техники и математической геофизики СО РАН.



### Исходные данные

Для землетрясений исследуемых регионов Тихоокеанского пояса (рис. 1а), кроме Камчатки, использовались каталоги Геологической службы (ГС) США (<http://neic.usgs.gov/neis/epic/>; Широков, Серафимова, 2006, 2007). Для Камчатки использовался каталог землетрясений в шкале моментных магнитуд (Гусев, Шумилина, 2004).

Для извержений вулканов семи регионов (II–VIII, рис. 1б) взяты данные о событиях масштаба VEI = 3 и более до 1993 года включительно по классификации (Simkin, Siebert, 1994).

Для Камчатки (рис. 1б, врезка А) использованы оценки объемов  $V$  изверженных вулканических продуктов. Для периода со второй половины XIX в. до начала 60-х годов XX в. точность оценок массы и объема изверженных продуктов в разные годы по вполне понятным причинам была неодинакова. С начала 60-х годов прошлого века точность определений основных параметров извержений существенно возросла. В связи с этим для периода до 1960 г. данные об объемах  $V$  извержений основывались на общепринятых оценках, приведенных в работе (Гущенко, 1979), причем нижний порог для сильных извержений выбран равным  $0.3 \text{ км}^3$ . Для периода 1960–2007 гг. нижний порог  $V$  выбран равным  $0.10 \text{ км}^3$  при пересчете объема вулканических продуктов на основе определений массы изверженных пород для плотности  $1.2 \text{ г/см}^3$  (Федотов, Жаринов, 2007). Максимальная длительность извержений принималась равной 12 месяцам. За период 1960–2007 гг. отмечено восемь извержений указанного масштаба при общем числе событий 15. Для извержений в качестве реперов выбирались даты главных пароксизмов.

### Методика исследований

Подробное описание метода фазовых траекторий сделано в работах (Широков, Серафимова, 2006, 2007), поэтому здесь приведем только самые необходимые пояснения. Совместное изучение связи лунного прилива с периодом 18.6 г. и 22-летнего в среднем цикла Хейла солнечной активности с сильными землетрясениями или вулканическими извержениями основывается на общеизвестной процедуре наложения эпох, которая используется нами в двумерном варианте (**метод фазовых траекторий (МФТ)**). Метод МФТ для решения задач прогноза событий предложен и реализован нами впервые (Широков, Серафимова, 2006).

Метод основан на анализе распределения моментов возникновения сильных событий в двумерном фазовом квадрате  $(\Phi_1, \Phi_2)$ , где  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  являются значениями фаз событий 19-летнего лунного и Хейловского ритмов соответственно. При неслучайном распределении событий в фазовом квадрате  $(\Phi_1, \Phi_2)$  (выше некоторого порогового уровня магнитуд землетрясений или масштаба извержений) выделяются статистически значимые кластеры (так называемые «опасные» окна), в пределах которых в среднем плотность событий примерно на порядок выше, чем для всего фазового квадрата. Траекториям каждого цикла Хейла приписываются номера четных 11-летних циклов согласно общепринятой цюрихской классификации (Витинский, 1973) с добавлением английской буквы Н (Hale). Например, текущий цикл Хейла, начавшийся в декабре 2007 г., обозначается как  $H24$ . Открытый Хейлом в 1913 г. 22-летний солнечный цикл, является характеристикой магнитной активности Солнца. При переходе от одного 11-летнего цикла к другому полярность магнитных характеристик ведущих групп солнечных пятен в обоих полушариях Солнца меняет знак на противоположный (Витинский, 1973). За нулевые фазы 19-летнего прилива приняты эпохи максимального склонения Луны, а за нулевые фазы циклов Хейла взяты эпохи начала четных 11-летних циклов по данным ([ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SUNSPOT\\_NUMBERS/](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/)).

«Опасные» временные интервалы для будущих событий определяются на основе расчета времени пересечений траекторий текущего цикла Хейла с выделенными кластерами. Принято, что длительность текущего цикла  $H24$  составит 21.3 г., т.е.

приравнивается к среднему, с начала прошлого века, значению. За последние 107 лет отклонения длительности циклов Хейла от среднего значения не превышали 3.5 %. Если эта тенденция в текущем цикле Хейла сохранится, ошибка расчета времени начала и конца «опасных» временных интервалов в первой половине текущего цикла  $H_{24}$  не превысит четырех месяцев.

### Полученные результаты

На основе предложенной методики сделаны прогнозы сильных землетрясений (для восьми регионов, рис. 1а) и вулканических извержений (для восьми регионов, рис. 1б) на ближайшие 20 лет (табл. 1, 2). По ретроспективным данным рассчитаны оценки эффективности  $I$ , по определению А.А.Гусева (Гусев, 1974), сделанных прогнозов. В нашем случае эффективность  $I$  определяется отношением доли событий  $N_1$ , попавших в выделенные «опасные» окна, относительно общего числа событий  $N$ , к доле площади «опасных» окон  $S_{\text{опас}}$  относительно общей площади фазового окна, принимаемой за единицу, т.е.  $I = (N_1/N)/S_{\text{опас}}$ . Поскольку для «случайного» прогнозирования эффективность в пределе равна единице, то рассчитываемая величина  $I$  показывает, во сколько раз предложенная методика прогноза лучше. Отметим, что величина  $I > 2.0$  соответствует прогнозу с уровнем доверия 0.95 и более,  $I > 3.0$  – с уровнем доверия 0.99 и более. Долгосрочные прогнозы составлены только для тех регионов, где величина  $I > 2.0$ .

Сделаем пояснение. В работе (Широков, Серафимова, 2006) при изучении распределения землетрясений на фазовой плоскости была выявлена статистически значимая «опасная» фаза цикла Хейла, имеющая планетарное происхождение и приуроченная к эпохам минимумов этих циклов. Она начинается приблизительно за год до начала очередного цикла Хейла и имеет продолжительность около полутора лет (рис. 2). Этот Хейловский «коридор», иногда выделяемый и для вулканических извержений, также принимается за «опасное» фазовое окно.

**Прогнозы землетрясений** для восьми регионов Тихоокеанского пояса (рис. 1а) представлены в табл. 1, где также приведены нижний порог магнитуд  $M_{\text{пор}}$  землетрясений, для которых дается прогноз, общее количество  $N$  землетрясений с  $M \geq M_{\text{пор}}$  и другие параметры выборки, необходимые для формулировки долгосрочного прогноза и оценок его эффективности.

Распределение камчатских землетрясений на фазовой плоскости (рис. 2а) не является случайным, т.к. все 14 событий приурочены к небольшим по площади (18 %) выделенным «опасным» окнам. Гипотеза о случайном распределении событий отвергается с уровнем доверия более 0.99 (Большев, Смирнов, 1965). В соответствии с методом МФТ до конца текущего цикла Хейла, т.е. примерно до 2030 г., на Камчатке (рис. 2а) события с моментной магнитудой  $M \geq 7.6$  ожидаются только в период ноябрь 2014 – июль 2017 гг. Для Курильских островов (рис. 2б) опасным периодом для возникновения землетрясений с  $M \geq 7.5$  является август 2012 – февраль 2016 гг. Распределение сильных землетрясений на фазовой плоскости для соседних с Курило-Камчатской дугой регионов Японии и Алеутских островов показано на рис. 2в, г. Значения эффективности для восьми регионов Тихоокеанского пояса варьируют от 2.6 (Алеутские острова) до 5.6 (Камчатка) и приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Долгосрочный прогноз землетрясений по методу МФТ и оценка его эффективности  $I$  для отдельных регионов Тихоокеанского тектонического пояса.

№	Регион	Характеристика выборки землетрясений				Число «спрогнозированных» землетрясений, $N_1$	Площадь «опасных» окон, $S_{\text{опас}}$	Эффективность прогноза, $I=(N_1/N)/S_{\text{опас}}$	Сейсмоопасный интервал на период до 2027 г.
		$M$	Период наблюдений, годы	Глубина, км	Число землетрясений, $N$				
I	Камчатка	$M_w \geq 7.6$	1737-2007	0-100	14	14	0.18	<b>5.6</b>	XI.2014 – VII.2017
II	Курильские острова	$M \geq 7.5$	1780-2007	0-100	29	27	0.33	<b>2.8</b>	VIII.2012 – II.2016
III	Япония	$M \geq 7.9$	1894-2007	0-100	20	17	0.29	<b>2.9</b>	XII.2007 – III.2010 I.2025 – 2027
IV	Алеутские острова	$M \geq 7.5$	1849-2007	0-100	26	21	0.31	<b>2.6</b>	XII.2012 – VII.2014 V.2021 – I.2023
V	Филиппинские острова	$M \geq 7.8$	1897-2007	0-100	17	16	0.28	<b>3.3</b>	I.2010 – XII.2011 X.2015 – IX.2016 IX.2026 – IV.2027
VI	о. Новая Гвинея	$M \geq 7.5$	1899-2007	0-100	17	16	0.29	<b>3.2</b>	XII.2011 – X.2012 VII.2020 – VII.2024
VII	о-ва Новые Гебриды	$M \geq 7.6$	1900-2007	0-100	18	15	0.24	<b>3.5</b>	VIII.2009 – II.2010 X.2014 – XII.2015
VIII	Южная Америка	$M \geq 7.6$	1868-2007	0-100	22	22	0.24	<b>4.1</b>	–

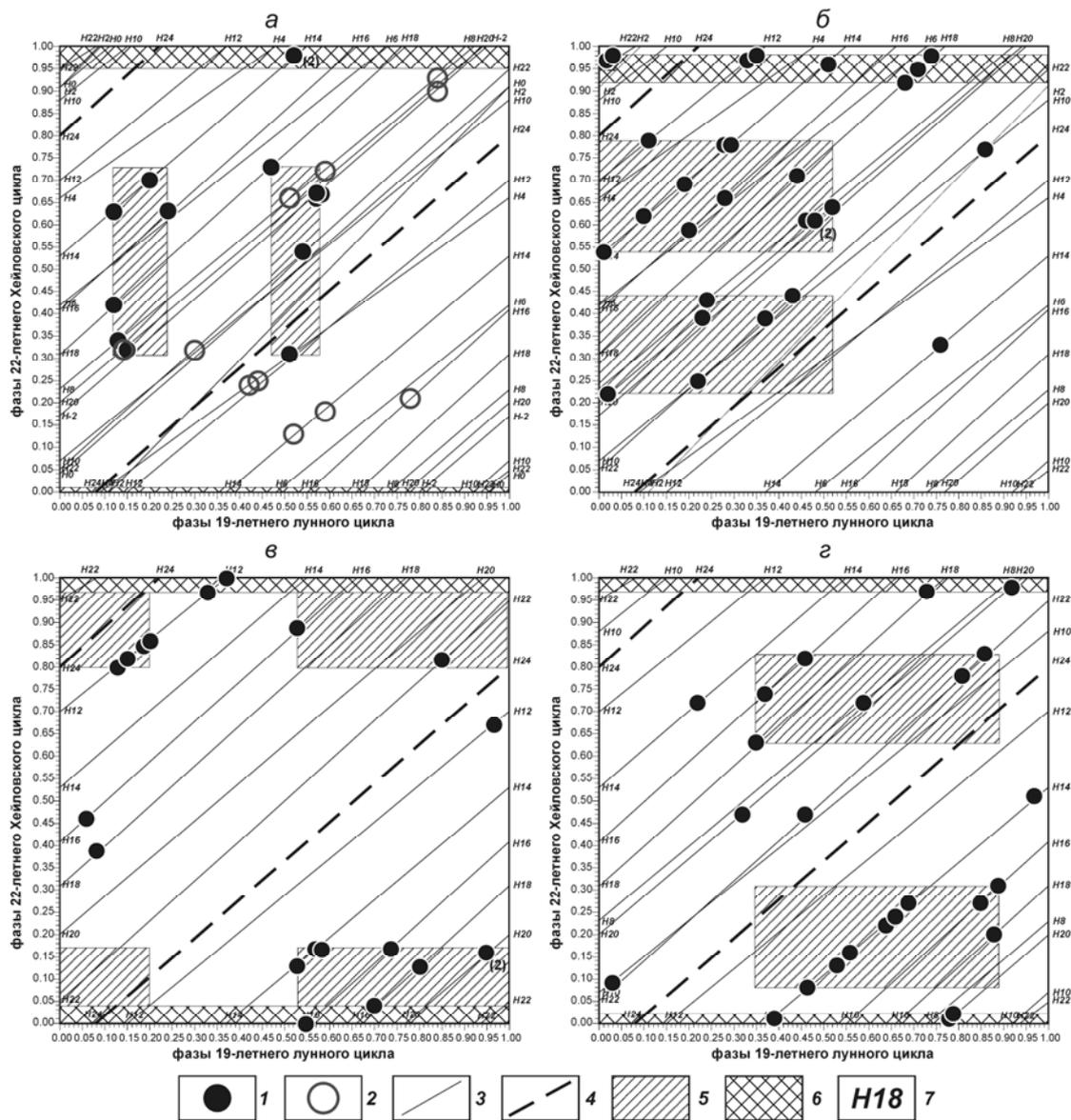
**Таблица 2.** Долгосрочный прогноз извержений вулканов по методу МФТ и оценка его эффективности  $I$  для отдельных регионов Тихоокеанского тектонического пояса

№	Регион	Характеристика исходных данных			Число «спрогнозированных» извержений, $N_1$	Площадь «опасных» окон, $S_{\text{опас}}$	Эффектив-ность прогноза, $I = (N_1/N)/S_{\text{опас}}$	Опасные интервалы на период до 2027 г.
		VEI или $V$ , км <sup>3</sup>	Период наблюдений, годы	Количество извержений, $N$				
I	Камчатка	$\geq 0.10$ , км <sup>3</sup>	1854-2007	15	15	0.17	<b>5.9</b>	Извержения не ожидаются
II	Курильские о-ва	$\geq 3$	1712-1993	24	23	0.37	<b>2.6</b>	III.2011 – III.2014 X.2021 – IV.2024
III	Алеутские о-ва	$\geq 3$	1817-1993	17	17	0.33	<b>3.0</b>	XII.2007 – VIII.2009
IV	Филиппинские о-ва	$\geq 3$	1800-1993	20	17	0.32	<b>2.7</b>	X.2008 – XII.2009 VIII.2022 – II.2024 V.2026 – I.2027
V+VI	о. Новая Гвинея и регион VI	$\geq 3$	1864-1993	50	47	0.46	<b>2.1</b>	X.2014 – XII.2017
VI	о-ва Новые Гебриды и Соломоновы о-ва	$\geq 3$	1864-1993	26	25	0.27	<b>3.6</b>	Извержения не ожидаются
VII	Новая Зеландия - о-ва Тонга	$\geq 3$	1814-1993	19	18	0.27	<b>3.5</b>	V.2014 – XI.2016
VIII	Южная Америка	$\geq 3$	1802-1993	28	26	0.31	<b>3.0</b>	IV.2010 – XII.2012 XII.2018 – I.2023*

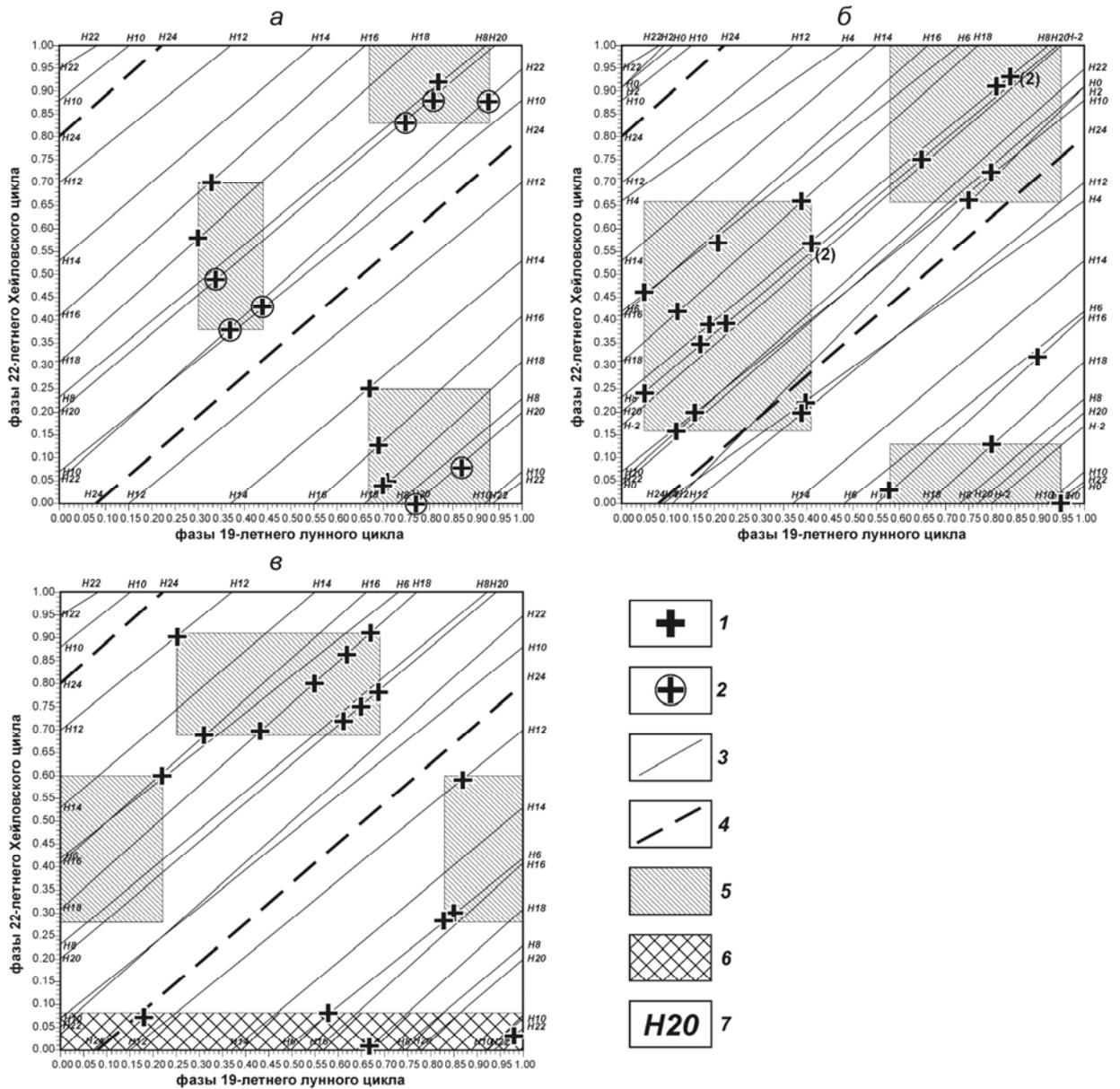
Примечание: \* - вероятность возникновения извержения в этот период мала.

**Прогнозы извержений** для восьми регионов Тихоокеанского тектонического пояса (рис. 1б) представлены в табл. 2.

На рис. 3а показано, что траектория текущего цикла Хейла с рассчитанными для извержений Камчатки «опасными» фазовыми окнами не пересекается. Таким образом, в текущем цикле Хейла на Камчатке сильные извержения с  $V \geq 0.3 \text{ км}^3$  не ожидаются (табл. 2). Так как статистика для более слабых событий с  $V = 0.10-0.2 \text{ км}^3$  охватывает примерно последние 50 лет и невелика, вопрос о нижнем пороге прогнозируемых извержений пока остается открытым.



**Рис. 2.** Распределение землетрясений в зависимости от фаз лунного и Хейловского циклов: *а* - для Камчатки за период 1737 – 2007 гг. с  $M \geq M_{\text{пор}}=7.6$  и  $M_0=7.5$ ; *б* – для Курильских островов за период 1780-2007 гг. с  $M \geq M_{\text{пор}}=7.5$ ; *в* – для Японии за период 1894 – 2007 гг. с  $M \geq M_{\text{пор}}=7.9$ ; *г* – для Алеутских островов за период 1849 – 2007 гг. с  $M \geq M_{\text{пор}}=7.5$ . 1 – события с магнитудой  $M \geq M_{\text{пор}}$ ; 2 – события с  $M_0$ ; 3 – фазовые траектории; 4 – траектория предполагаемого Хейловского цикла  $H24$ ; 5 – «опасные» фазовые окна, выделенные для событий с  $M \geq M_{\text{пор}}$ ; 6 – «опасный» Хейловский «коридор»; 7 – нумерация Хейловских циклов. Пояснения в тексте.



**Рис. 3.** Распределение дат пароксизмов вулканических извержений в зависимости от фаз лунного и Хейловского циклов: *а* - для Камчатки за период 1854 – 2007 гг.; *б* – для Курильских островов за период 1712 - 1993 гг.; *в* – для Алеутских островов за период 1817 – 1993 гг. 1 – события с объемом изверженного материала  $V \geq 0.3 \text{ км}^3$  (для Камчатки до 1960 года) и  $VEI \geq 3$  для остальных регионов; 2 – события с  $V \geq 0.10 \text{ км}^3$  (для Камчатки с 1961 года); 3 – фазовые траектории; 4 – траектория предполагаемого Хейловского цикла  $H24$ ; 5 – «опасные» фазовые окна; 6 – «опасный» Хейловский «коридор»; 7 – нумерация Хейловских циклов. Пояснения в тексте.

Аналогичный анализ проведен еще для семи регионов Тихоокеанского тектонического пояса (рис. 1б). Рассмотрим более подробно соседние с Камчаткой регионы Курильских (рис. 3б) и Алеутских островов (рис. 3в).

По данным (Simkin, Siebert, 1994) в XVIII–XX вв. на Курильских островах (рис. 1б, врезка Б) произошло 26 извержений с  $VEI \geq 3$ , но по данным (Гущенко, 1979) два из них охарактеризованы как слабые, поэтому они не принимались в расчет. На рис. 3б показано, что из 24 извержений 23 приурочены к двум «опасным» фазовым окнам, которые в текущем цикле  $H24$  пересекаются дважды (табл. 2).

Для Алеутских островов (рис. 1б, врезка В) извержения с  $VEI \geq 3$  выбраны к западу от вулкана Богослов (статистика для остальных извержений оказалась незначимой). Извержения на фазовой плоскости расположены в трех «опасных» фазовых окнах, одно из которых является Хейловским «коридором», который приурочен к эпохам минимумов Хейловских циклов (рис. 3в). Только этот «коридор» пересекается траекторией текущего цикла  $H24$  в период декабрь 2007–август 2009 гг. (табл. 2). В остальное время извержения с  $VEI \geq 3$  маловероятны.

Для региона VI возникли затруднения при выделении кластеров, поэтому соседние регионы V и VI были объединены. По этой причине прогнозы даются отдельно для региона VI и объединенного региона.

Оценки эффективности прогнозов сильных вулканических извержений для восьми регионов Тихоокеанского пояса меняются от 2.1 до 5.9.

Существенно, что применение метода МФТ примерно в 2-4 раза повышает эффективность прогнозов времени возникновения сильных событий по сравнению с известными нам другими методами долгосрочного прогноза.

Методы долгосрочного прогноза можно использовать для оценок максимальной магнитуды землетрясений или масштаба вулканических извержений при краткосрочных прогнозах сильных событий (Широков, 1985, 2001).

### **О природе выявленных эффектов**

В работе выделены два типа эффектов взаимосвязи сильных событий с рассматриваемыми космическими факторами. Первый, имеющий планетарное происхождение, связан с независимым от 19-летнего прилива влиянием на сейсмостектонические процессы 22-летнего солнечного ритма (Широков, Серафимова, 2006, 2007). Для вулканических извержений этот тип выражен слабо. Сейсмический отклик в Тихоокеанском поясе проявляется примерно в течение одного года до и четырех месяцев после эпох минимумов 22-летних циклов. Известно, что на самом конце ветви спада Хейловского цикла на Солнце одновременно происходят как процессы, связанные с уменьшением солнечной активности в 22-летнем цикле, так и процессы зарождения нового цикла Хейла. В этой фазе в наибольшей степени проявляется нестационарность флуктуаций относительных изменений чисел Вольфа (Витинский, 1973). Вблизи эпох минимумов активные образования на Солнце расположены ближе всего к экватору, поэтому Земля, вращающаяся вокруг Солнца в приэкваториальной зоне, становится «мишенью» для вспышек, которые чаще, чем обычно, являются геоэффективными. По времени этот период совпадает с «опасной» фазой в цикле Хейла. Можно предположить, что имеющий планетарную природу сейсмический отклик длительностью около полутора лет связан с перестройкой структуры межпланетного магнитного поля и изменением динамических параметров солнечного ветра.

Второй тип отклика имеет региональную природу, так как в каждом регионе выделенные «опасные» окна (рис. 2, 3) приурочены к разным частям фазового квадрата ( $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ). При трассировании «опасного» окна существенно повышается расчетное значение скорости ( $Z$ ) сейсмостектонического движения (Ризниченко, 1985), так как более 90% землетрясений приурочены к «опасным» временным интервалам. В это время оба космических ритма действуют таким образом, что по результирующему эффекту это равносильно приложению воздействия в виде суммы и/или произведения двух факторов одного знака, направленных одновременно на увеличение  $Z$  и, как следствие, магнитуд  $M$  сейсмических событий (Ризниченко, 1985) и масштабов вулканических извержений. И, наоборот, вне «опасных» периодов результирующее воздействие приводит к уменьшению  $Z$ ,  $M$ ,  $V$  и  $VEI$ . В определенном смысле хорошей аналогией является ситуация, описанная в известной басне И.А.Крылова о лебедях, раке и щуке, которые могут сдвинуть повозку, если потянут ее в одном направлении.

## Выводы

1. Впервые на основе метода фазовых траекторий дан прогноз сильных вулканических извержений и уточнен прогноз землетрясений для отдельных регионов Тихоокеанского пояса до 2027 г.

2. Сделаны ретроспективные оценки эффективности долгосрочных прогнозов для каждого из 16 исследуемых регионов. Применение метода МФТ примерно в 2-4 раза повышает эффективность прогнозов времени возникновения сильных событий по сравнению с известными нам другими методами долгосрочного прогноза.

Авторы выражают благодарность д.г.-м.н. И.В. Мелекесцеву за содействие при проведении работы и полезные советы.

## Список литературы

*Абдурахманов А.И., Фирстов П.П., Широков В.А.* Возможная связь вулканических извержений с цикличностью солнечной активности // XV Генеральная ассамблея МГСС. Тезисы докл. Симпозиум: Вулканизм и землетрясения верхней мантии. М.: Наука, 1971. С. 3-4.

*Абдурахманов А.А., Фирстов П.П., Широков В.А.* Возможная связь вулканических извержений с 11-летней цикличностью солнечной активности // Бюлл. вулканол. станций. 1976. № 52. С. 3-10.

*Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1965. 464 с.

*Витинский Ю.И.* Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1973. 257 с.

*Гусев А.А.* Прогноз землетрясений по статистике сейсмичности // Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. Новосибирск: Наука, 1974. С. 109-119.

*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.

*Гусев А.А., Шумилина Л.С.* Повторяемость сильных землетрясений Камчатки в шкале моментных магнитуд // Физика Земли. 2004. № 3. С. 34-42.

*Гущенко И.И.* Извержения вулканов мира. М.: Наука, 1979. 475 с.

*Кропоткин П.Н.* Возможная роль космических факторов в геотектонике // Геотектоника. 1970. № 2. С. 30-76.

*Ламакин В.В.* О периодичности байкальских землетрясений // ДАН СССР. 1966. Т. 170. № 2. С. 210-213.

*Ризниченко Ю.В.* Избранные труды. Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985. 408 с.

*Серафимова Ю.К.* О связи сильных ( $M_w \geq 7.5$ ) землетрясений Камчатки с солнечной активностью // Геофизический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции 17-18 января 2006 г., г. Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: «Оттиск», 2006. С. 171-177.

*Сытинский А.Д.* О зависимости глобальной и региональной сейсмичности Земли от фазы 11-летнего цикла солнечной активности // ДАН СССР. 1982. Т. 265. № 6. С. 1350-1353.

*Сытинский А.Д.* О связи землетрясений с солнечной активностью // Физика Земли. 1989. № 2. С. 13-30.

*Федотов С.А., Жаринов Н.А.* Об извержениях, деформациях, сейсмичности Ключевского вулкана (Камчатка) в 1986-2005 гг. и механизме его деятельности // Вулканология и сейсмология. 2007. № 2. С. 3-31.

*Широков В.А.* Космос и вулканы // Человек и стихия. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 26-28.

*Широков В.А.* Влияние космических факторов на геодинамическую обстановку и ее долгосрочный прогноз для северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны // Вулканизм и геодинамика / Отв. ред. Г.П. Авдейко, С.А. Федотов. М.: Наука, 1977. С. 103-115.

*Широков В.А.* Некоторые вопросы методики комплексного прогноза побочных извержений вулкана Ключевского (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1985. № 6. С. 48-58.

*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 // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы / Отв. ред. Б.В. Иванов. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2001. С. 95-116.

*Широков В.А.* Влияние общепланетарных факторов на возникновение сильных вулканических извержений Земли и проблема их долгосрочного прогноза // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога, 27-29 марта 2008 г., г. Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 305-314.

*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 тектонического пояса // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. № 8. С. 120-133.

*Широков В.А., Серафимова Ю.К.* Методика прогноза сильных землетрясений с магнитудой  $M \geq 7.6$  и оценка ее эффективности для различных регионов Земли // Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений: IV междун. конф., с. Паратунка Камч. обл., 14-17 августа 2007 г. Сборник докладов. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2007. С. 482-489.

*Hamilton W.L.* Tidal Cycles of Volcanic Eruptions: Fortnightly to 19 Yearly Periods // JGR. 1973. V. 78. № 17. P. 3356-3362.

*Simkin T., Siebert L.* Volcanoes of the World. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program. Geoscience Press. Tucson. Arizona, 1994. 349 p.

## СОДЕРЖАНИЕ

Всероссийская научная конференция «100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества». Петропавловск-Камчатский, 22 – 27 сентября 2008 г....	3
<b>Зайцева Н.А., Котляков В.М.</b> Столетний юбилей Камчатской экспедиции Русского географического общества (экспедиции Рябушинского, 1908-1910 гг.).....	7
<b>Журавлев Ю.Н.</b> Зоологический аспект экспедиции Ф.П. Рябушинского: посе́вы и всходы.....	14
<b>Добрецов Н.Л.</b> Геодинамические проблемы и моделирование зон субдукции.....	24
<b>Ларин В.Л., Тураев В.А.</b> Этнокультурное пространство тихоокеанской России: триста лет эволюции.....	34
<b>Воронов Б.А., Махинов А.Н.</b> Современное состояние водных ресурсов Дальнего Востока и их антропогенное преобразование .....	40
<b>Гарашенко Ю.А.</b> Природные ресурсы Камчатского края и их роль в социально-экономическом развитии региона .....	49
<b>Сущева М.В.</b> Интеграция вузовской и академической науки на Камчатке.....	58
<b>Викулин А.В., Акманова Д.Р., Афанасенко С.И., Иванчин Г.А., Осипова Н.А., Фадин В.В.</b> Новый тип упругих волн в геофизических средах.....	67
<b>Викулин А.В., Викулина С.А.</b> Экспедиция Рябушинского и становление сейсмологии и демократии на Камчатке.....	76
<b>Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Овсянников А.А.</b> Современное состояние термального озера в активном кратере вулкана Горелый (Камчатка).....	86
<b>Герасимов Ю.Н., Герасимов Н.Н.</b> Исследования миграций птиц Камчатки.....	96
<b>Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В.</b> Возрождение коллекции фото и фототеодолитных снимков геологического отдела Камчатской экспедиции Ф. П. Рябушинского 1908-1910 г.г.....	103
<b>Иванов В.В.</b> Оценка эффективности и планирование сейсмологической сети для изучения вулканического дрожания на камчатских вулканах для исследования их магматической, вулканической активности и прогноза извержений.....	109
<b>Ившин В.М., Ившина Е.В.</b> Геомеханический способ прогноза цунами в зоне островных дуг.....	116
<b>Калачева Е.Г., Кузьмина А.А.</b> Верхне-Щапинские термальные источники: условия формирования и химический состав .....	124
<b>Карданова О.Ф.</b> Некоторые особенности образования протобокситового вещества на термальных полях Кихпиньинского долгоживущего вулканического центра, Камчатка.....	130
<b>Кириухин А.В.</b> Исследования тепломассопереноса в высокотемпературных гидротермальных системах .....	140
<b>Колосков А.В.</b> Особенности проявления позднекайнозойского магматизма на Восточно-Азиатской окраине в рамках концепции «вихревой геодинамики» .....	150

<b>Копылова Г.Н.</b> Гидрогеологический метод поиска предвестников землетрясений на Камчатке.....	159
<b>Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А.</b> Первые шаги к организации сейсмического мониторинга Долины Гейзеров.....	168
<b>Леликов Е.П., Емельянова Т.А.</b> Геология подводного хребта Витязя на тихоокеанском склоне Курильской островной дуги.....	177
<b>Лупкина Е.Г.</b> Биоценозы и тафоценозы диатомовых водорослей Карымского озера (Камчатка) в посткатастрофический период (1996-2008 гг.).....	186
<b>Манухин Ю.Ф., Петров М.А.</b> Ресурсная база санаторно-курортного строительства в Камчатском крае.....	190
<b>Рашидов В.А.</b> История изучения подводных вулканов Курильской островной дуги..	199
<b>Руленко О.П.</b> Новый подход в обнаружении оперативного предвестника землетрясений в электричестве приземной атмосферы.....	211
<b>Самкова Т.Ю.</b> Закономерности связи между интенсивностью современного гидротермального процесса, морфологическим строением почв и структурой растительного покрова (на примере термальных полей Паужетской гидротермальной системы).....	216
<b>Сметанин А.Н.</b> Пяденицы (Geometridae, Lepidoptera) Камчатки по материалам исследований Первой Камчатской экспедиции 1908-1910 гг.....	223
<b>Смирнов С.Э., Назарев В.П.</b> 40 лет магнитных обсерваторских наблюдений на Камчатке.....	226
<b>Сторчеус А.В.</b> К вопросу о механизме вулканических взрывов.....	230
<b>Хаткевич Ю. М., Кузьмин Ю. Д., Рябинин Г. В.</b> Современное состояние гидрогеохимических наблюдений на Камчатке, проводящихся с целью изучения реакции подземных водно-газовых систем на геофизические воздействия.....	237
<b>Широков В.А.</b> Разработка моделей подготовки сильных землетрясений и вулканических извержений на основе изучения их связи с космическими ритмами...	241
<b>Широков В.А., Серафимова Ю.К.</b> Прогноз сильных землетрясений и вулканических извержений для отдельных регионов Тихоокеанского тектонического пояса на ближайшие 20 лет.....	254
<b>Содержание</b> .....	265