

**Шестая Международная конференция**

**«Триггерные эффекты в геосистемах»**

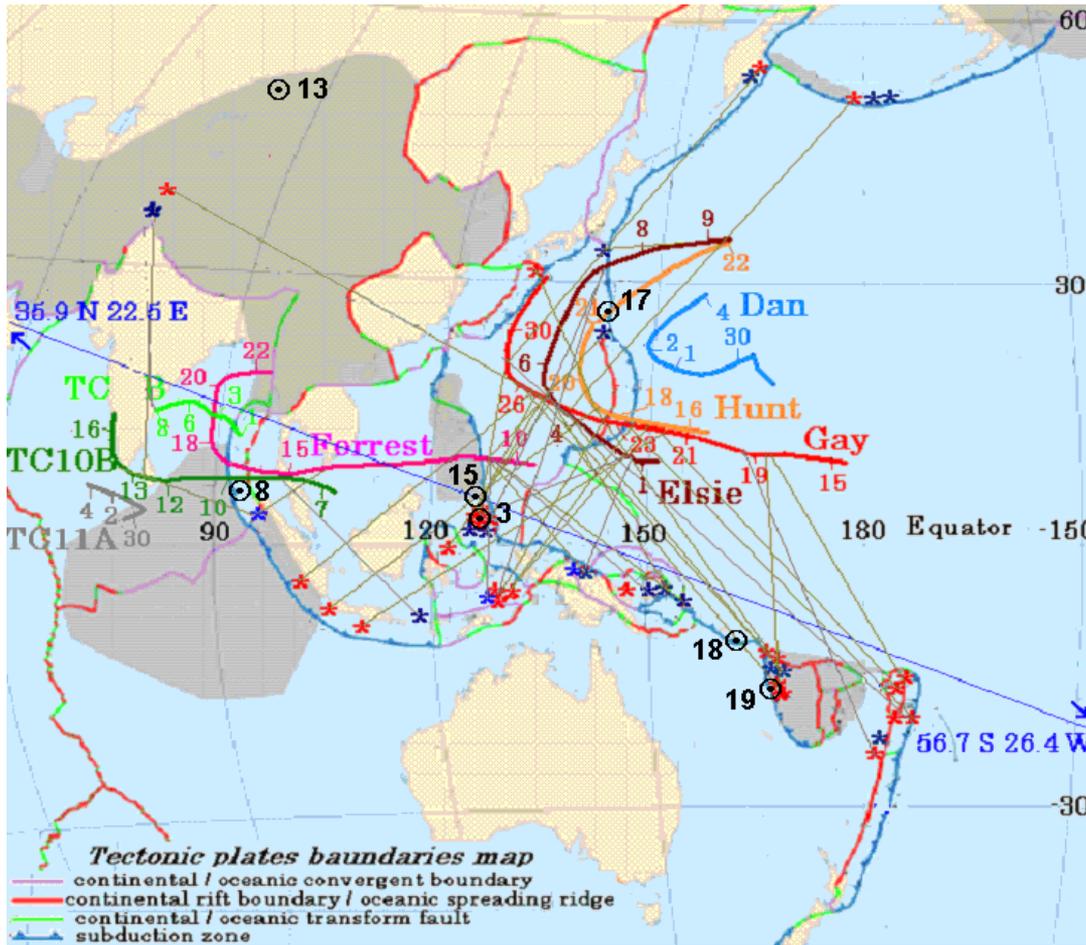
**21 - 24 июня 2022 / Москва**

**ТРОПИЧЕСКИЕ ЦИКЛОНЫ - ТРИГГЕР ЛИТОСФЕРНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

**Костин В., Овчаренко О. , Трушкина Е.**

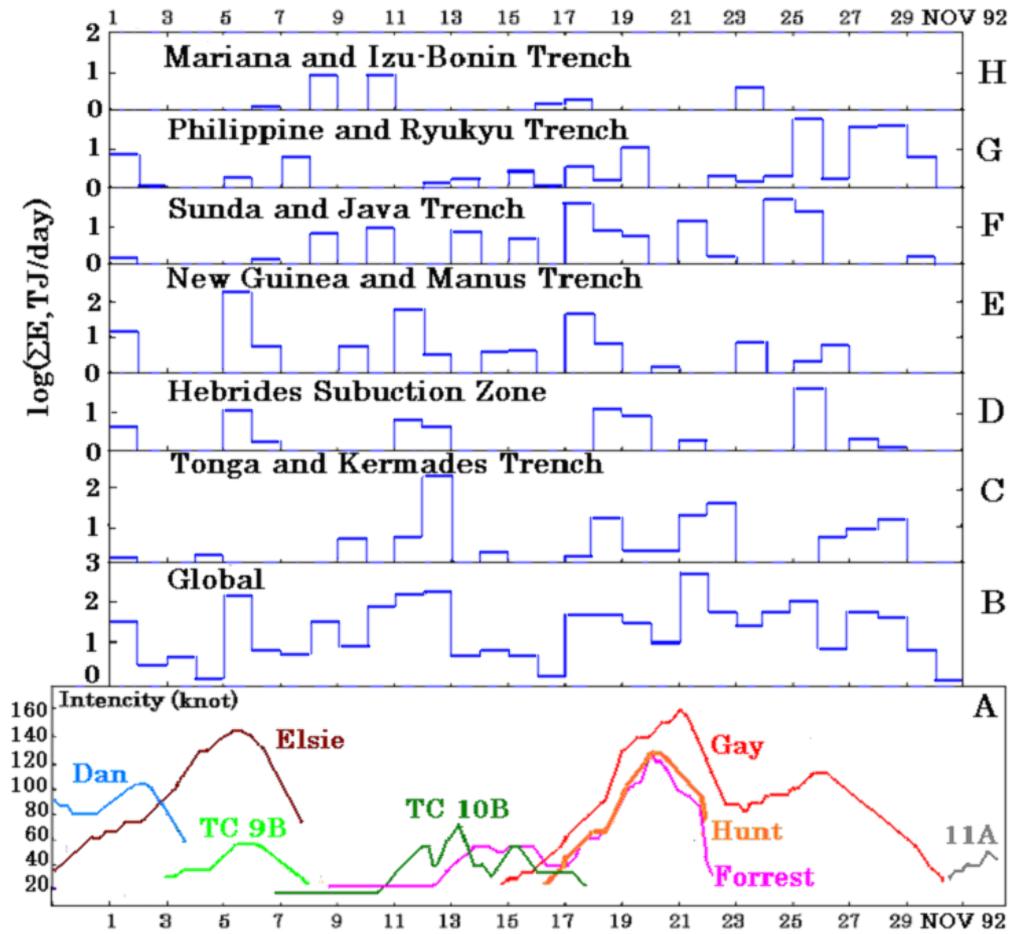
*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн  
имени Н.В.Пушкова Российской Академии Наук  
kostin@izmiran.ru*

# Траектории тайфунов и очаги землетрясений в ноябре 1992



1. Тайфун Gay – один из сильнейших в 20 веке.
2. Красные звездочки – очаги землетрясений  $M > 5.4$  после 15.11, соединены с местом прохождения центра Gay.
3. Синие звездочки – очаги землетрясений до 15.11.92.
4. Вдоль разломов двигаются очаги землетрясений по направлению перемещения ТЦ.
5. Синяя линия соединяет землетрясения в Греции и на Сандвической плите 21 ноября – max Gay.

# Интенсивность ТЦ и энергия литосферных землетрясений на различных разломах [1]



Гистограммы – суммарная энергия за сутки землетрясений  $M > 4.5$ ,  $h > 14.1$  км.

С 1 по 14 ноября – 226 толчков

С 15 по 30 ноября – 291 толчков

Интенсивность – средний поверхностный ветер за минуту на расстоянии  $\sim 1$  градус от центра ТЦ в узлах

1 knot = 0.514 м/с

# Сильнейшие литосферные землетрясения в ноябре 1992

	Date Nov 92	Area	UT h : m	Epicenter N / E	Mw	Depth km
1	1	San Juan, Argentina	09:37	-28.91 / -69.54	5.4	109.9
2	1	Sandwich Islands region	10:03	-55.63 / -27.63	5.6	27.63
3	1	coast of New Guinea	17:48	-2.29 / 141.39	5.4	28.9
4	4	Vanuatu	18:13	-14.24 / 167.64	6.4	14.1
5	4	Coquimbo, Chile	21:33	-31.56 / -71.56	6.0	18.8
6	5	Vanuatu	06:10	-14.24 / 167.6	5.5	52.3
7	5	Papua New Guinea	19:53	-5.26 / 152.575	6.2	19.8
8	5	Papua New Guinea	22:25	-5.26 / 152.57	5.4	39.1
9	6	near the coast of Turkey	19:08	38.16 / 27.0	6.1	17.2
10	8	Antofagasta, Chile	10:23	-23.63 / -70.38	5.6	33
11	8	Honshu, Japan	18:19	33.56 / 141.93	5.4	48
12	10	Sandwich Islands region	08:14	-55.87 / -26.98	5.5	33
13	10	Aleutian Islands	09:58	51.49 / -177.61	5.7	33
14	10	Kepulauan Babar	10:31	-7.2 / 129.18	5.4	170.7
15	10	Kamchatka, Peninsula	21:09	53.88 / 160.69	5.8	53.7
16	10	Volcano Islands, Japan	22:59	23.73 / 143.18	5.4	20.4
17	11	coast of New Guinea	00:19	-2.92 / 141.56	5.8	34.1
18	11	Solomon Islands	00:31	-7.32 / 156.22	5.5	25.6
19	11	Aleutian Islands	21:26	51.2 / -179.24	6.2	33
20	12	Hindu Kush, Afganistan	20:41	36.45 / 70.85	5.6	198.4
21	12	south of the Fiji Islands	22:29	-22.4 / -178.1	6.3	359.6
22	17	Banda Sea	06:47	-5.82 / 130.62	5.8	33
23	18	Tonga	04:05	-16.05 / -173.82	5.5	85.8
24	18	Vanuatu	16:37	-16.77 / 167.1	5.7	22.2

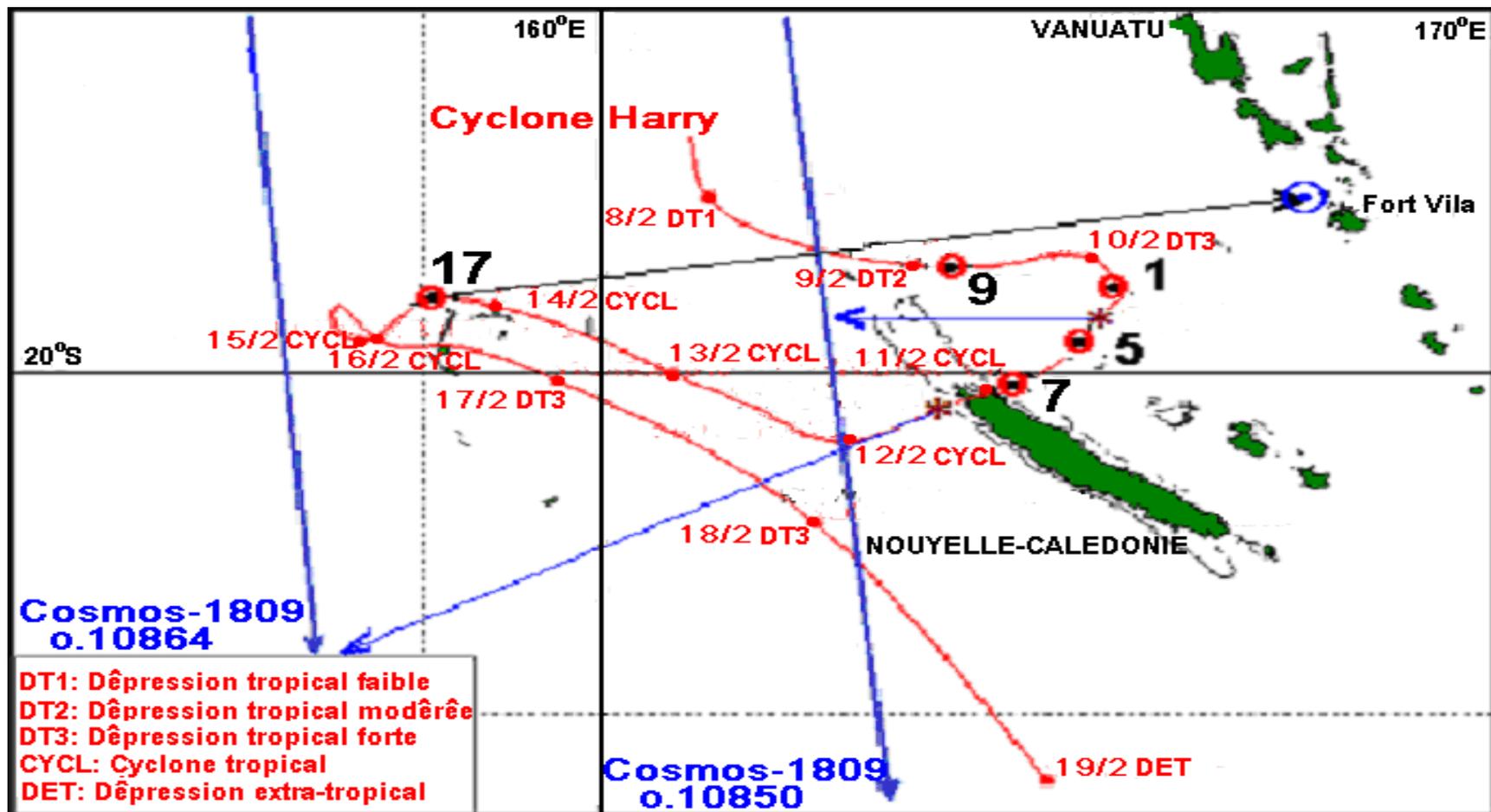
	Date Nov 92	Area	UT h : m	Epicenter N / E	Mw	Depth km
25	18	Greece	21:11	38.31 / 22.45	6.9	14.5
26	19	Kyushu, Japan	00:49	31.15 / 131.4	5.4	38.4
27	19	Vanuatu	12:38	-13.41 / 166.7	5.4	23.7
28	21	Java, Indonesia	03:04	-8.64 / 110.4	6.6	47.9
29	21	Mediterranean Sea	05:07	35.9 / 22.5	5.9	65
30	21	Tonga	18:28	-16.3 / -175.9	5.5	379.5
31	21	Sandwich Island region	22:40	-56.66 / -26.4	6.6	20.1
32	21	Sandwich Island region	23:12	-56.32 / -25.58	6.4	33
33	22	Sandwich Island region	00:28	-56.42 / -25.73	5.4	33
34	22	Sandwich Island region	02:16	-56.35 / -25.78	6.4	33
35	22	Sandwich Island region	15:18	-56.34 / -25.49	5.6	33
36	22	Tonga	17:35	-19.6 / -173.8	6.8	20.7
37	23	Tajikistan	23:11	38.6 / 72.6	5.6	40.6
38	24	Rat Island, Alaska	00:54	67.1 / 179.2	6.8	33
39	24	Sulawesi, Indonesia	23:43	-0.1 / 122.8	5.9	199.7
40	25	Sumatra, Indonesia	06:02	-4.1 / 102.2	6.7	68.3
41	25	Halmahera	10:04	2.5 / 128.55	5.5	29.8
42	25	Halmahera	10:16	2.64 / 128.64	5.9	23.8
43	25	Vanuatu	17:48	-13.5 / 166.5	5.5	33
44	25	Vanuatu	17:58	-16.8 / 167.1	5.7	59.8
45	27	Kamchatka	01:55	55.0 / 162.0	5.4	28.2
46	27	Halmahera	13:51	2.58 / 128.76	5.8	22
47	28	Halmahera	17:45	2.61 / 128.77	6.8	35.1
48	30	Azores Islands	09:33	35.7 / -34.6	6.0	19.6

E - энергия отдельных землетрясений вычислялась из формулы

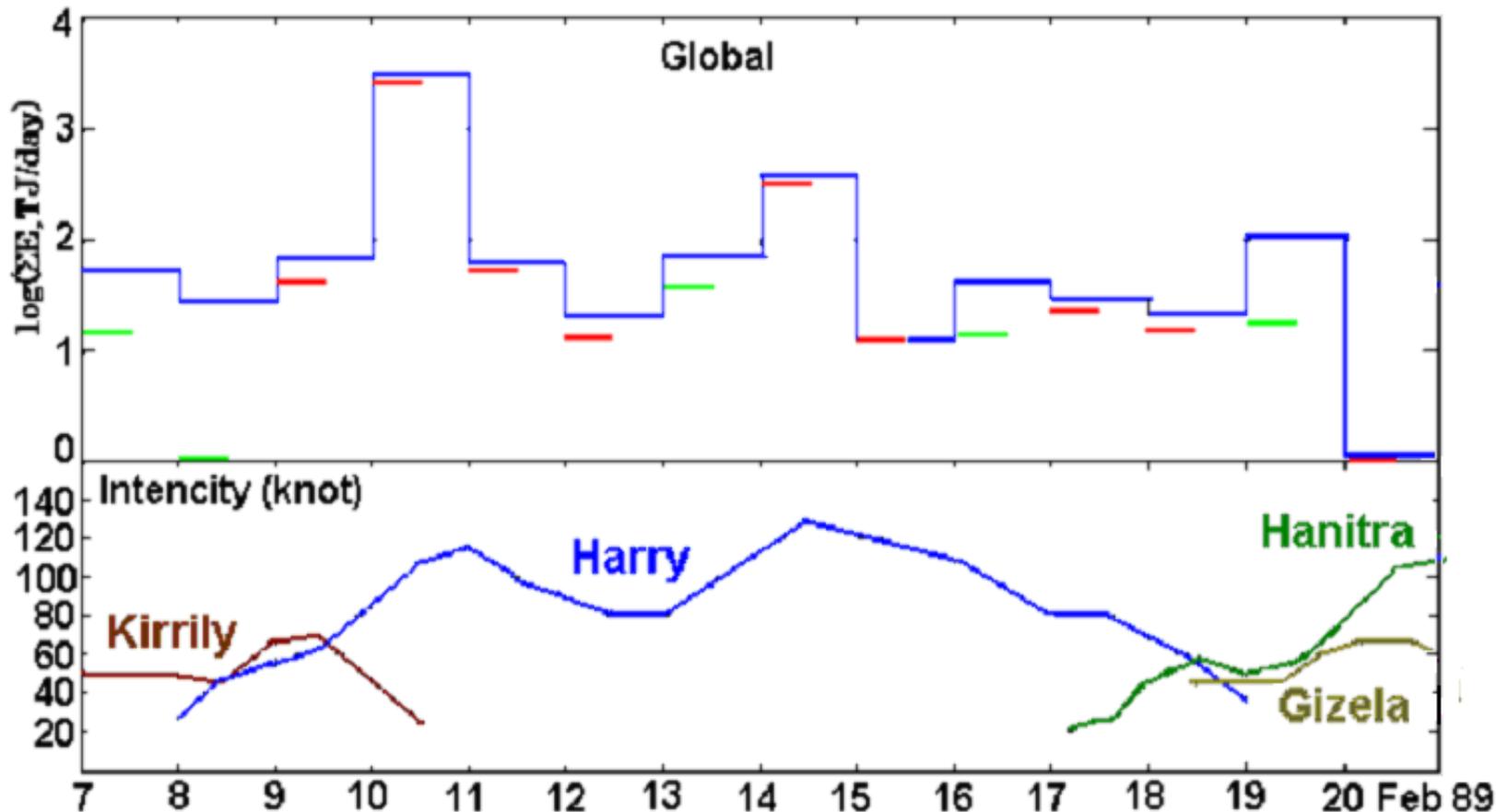
$$Mw = 2/3 (\lg E - 4.8) \quad (1)$$

21 и 25 ноября, красный цвет - максимумы интенсивности тайфуна Gay

# Траектории спутника, ТЦ Harry-89 и моменты отдельных землетрясений [2]

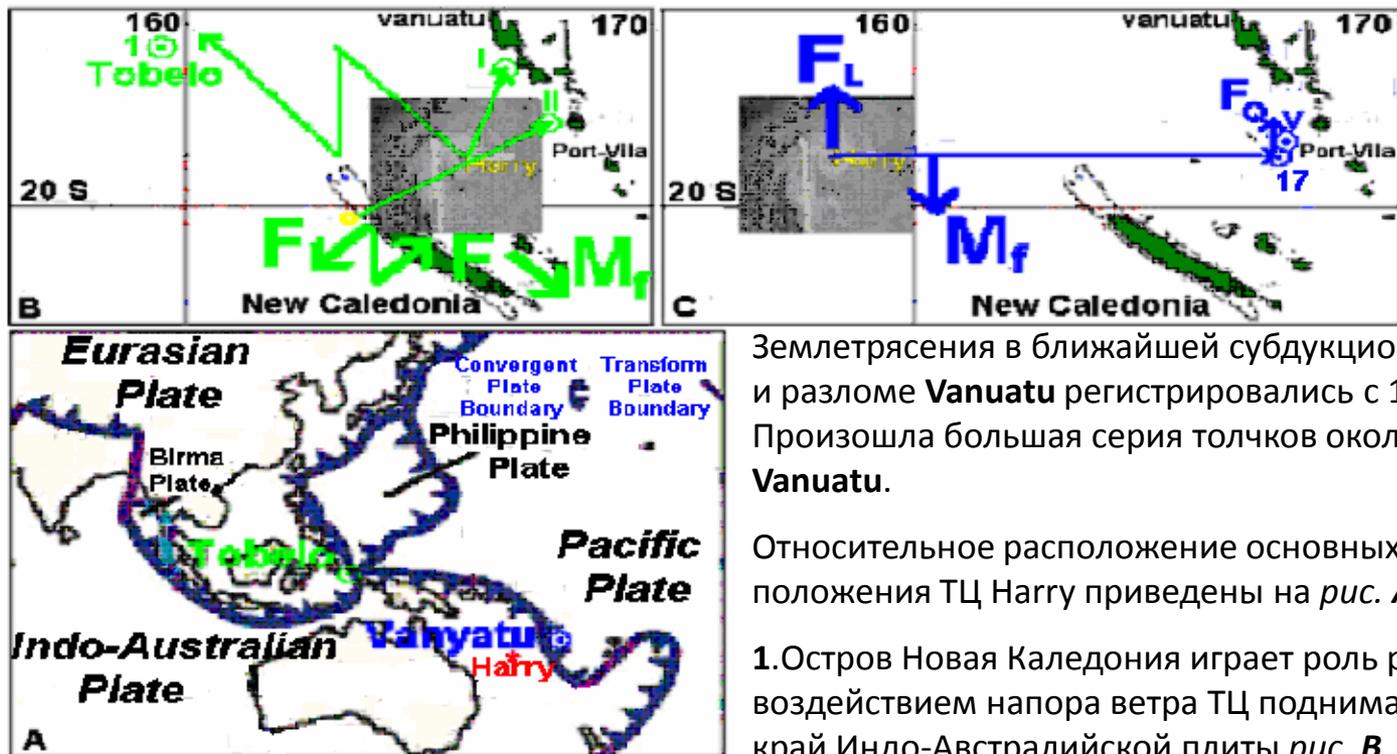


# Интенсивность тропических циклонов и энергия землетрясений за день



Дополнительно на гистограмме черточками отмечен полусуточный уровень энергии толчков: зеленой, если уровень меньше половины дневного; красной, если уровень выше  $\frac{1}{2}$  дневного. При построении гистограммы учитывались 159 землетрясений глубиной  $h > 19.8$  км,  $M_w > 4.5$

# Два спусковых механизма сброса напряжений при прохождении ТЦ острова



Землетрясения в ближайшей субдукционной зоне – Hebrides и разломе Vanuatu регистрировались с 10 февраля. Произошла большая серия толчков около Tabela и на разломе Vanuatu.

Относительное расположение основных разломов и положения ТЦ Harry приведены на рис. А.

1. Остров Новая Каледония играет роль рычага, который под воздействием напора ветра ТЦ поднимает северо-восточный край Индо-Австралийской плиты рис. В.

На северном участке, под которую погружается Тихоокеанская плита, силы компенсирующего момента возникают только за Филиппинской плитой – в области малых плит. Это привело к серии сброса напряжений на характерной глубине 33 км в районе Tabela. Серия закончилась 12 февраля.

2. 14 февраля, когда ТЦ достаточно удалился от острова, произошла серия толчков на Vanuatu. В этом случае разрезание в ТЦ приподнимает плиту, а пограничные области пытаются опуститься, но удерживаются выше расположенной плитой. Можно показать, что условие равновесия выполняется при равенстве момента сил в секторе с центром в глазе ТЦ и нейтральной точкой на границе облачной структуры ТЦ рис. С.

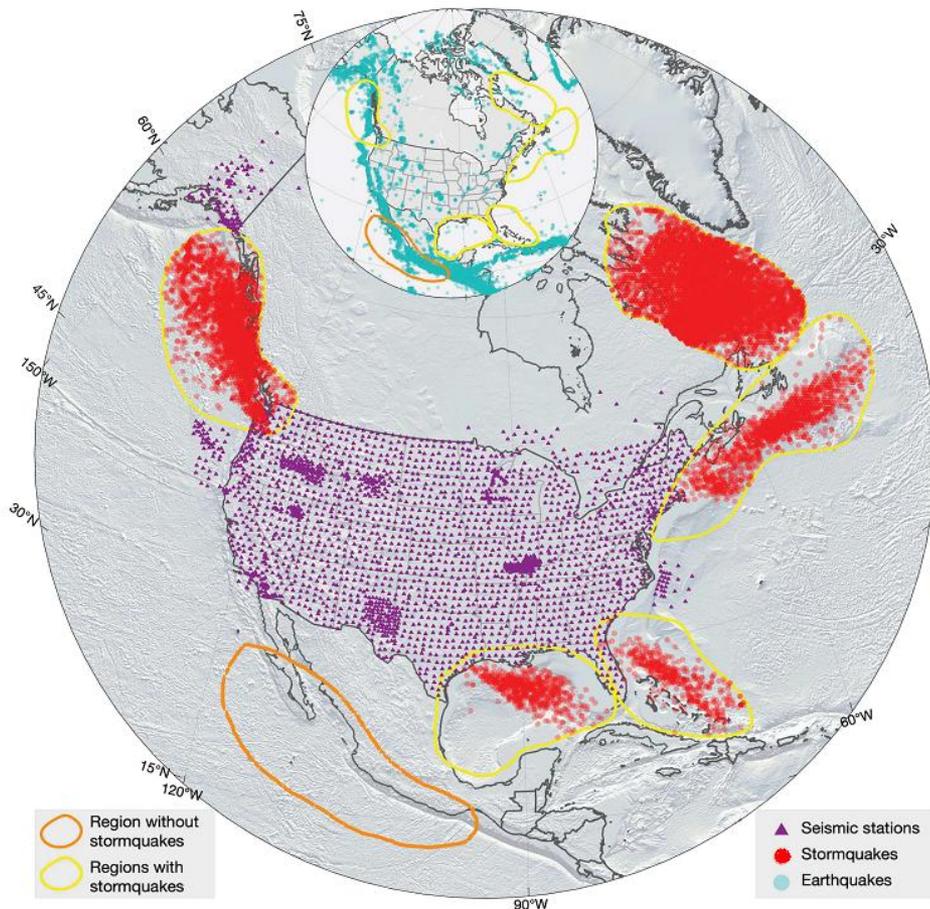
# Возбуждение когерентных поверхностных трансконтинентальных волн штормами [3]

Fan et al., 2019. Stormquakes

Изучался механизм воздействия ТЦ в шельфовой зоне на Северо-Американский континент по данным ~2800 сейсмостанций США с 2006 по 2015 (синие треугольники).

Выделено 14077 когерентных импульсных источника  $M_w \sim 3.6$ , пакеты волн Релея с периодами 20 – 50 сек, источники которых указаны красными кружками на рисунке.

Длительность воздействия составляла от часов до нескольких дней.

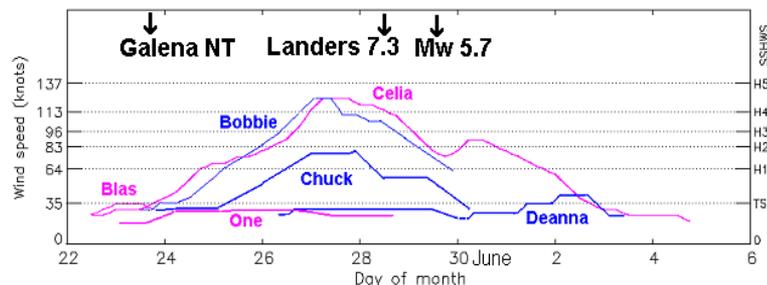


# Землетрясение Landers-92 при прохождении шельфа ураганом Celia [4]



Около побережья Центральной Америки 21 июня в Тихом океане началось формирование тропических депрессий (ТД) **Blas** и **Celia**, а в Атлантическом океане в середине Карибского моря плохо организованной конвективной зоны, позднее ТД **One**.

# Интенсивности ТЦ и особенности сейсмических толчков в июне 1992



Акустическое воздействие ПЯВ Galena на тропические возмущения (ТВ) в июне 1992 вызвало взрывное усиление 3-х ТВ около американского континента.

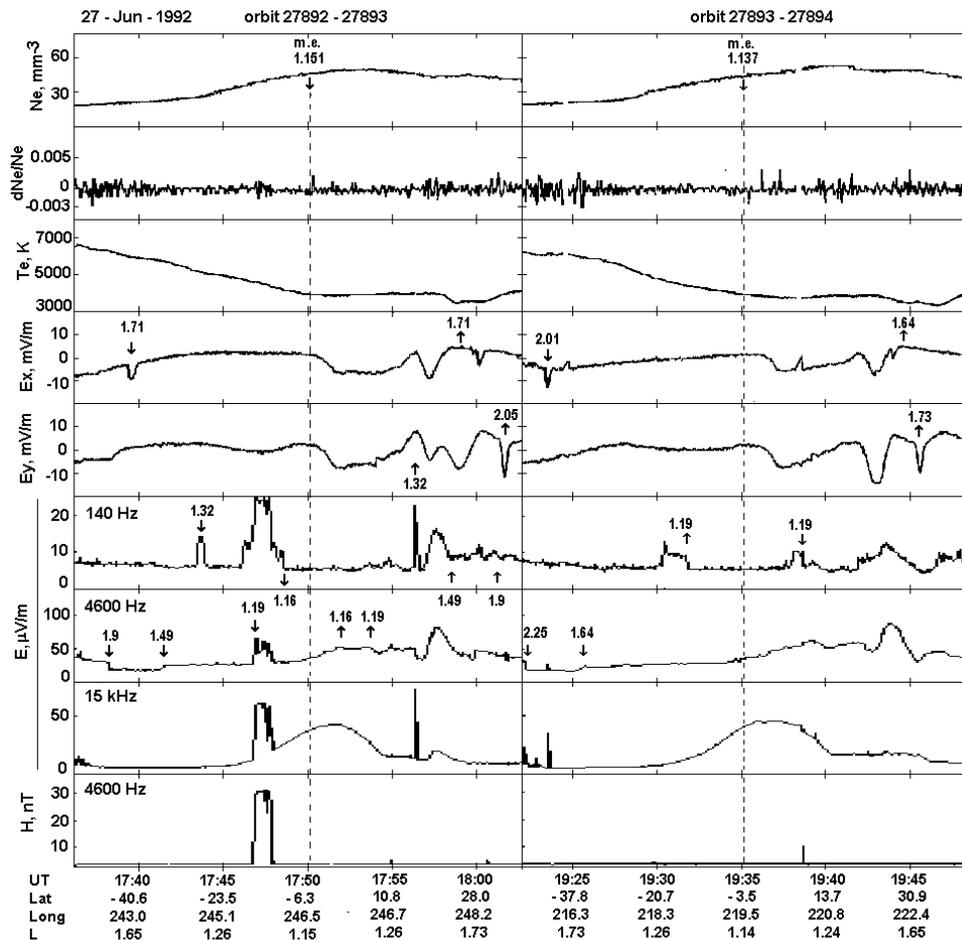
В теоретических работах **Абурджаниа** было показано, что сильные акустические волны в атмосфере с учетом неоднородного стратосферного ветра и магнитного поля Земли самоорганизуются в вихревые структуры [5-6]. Это было подтверждено по данным спутника Космос-1809 после ПЯВ и данных о тропических циклонах.

Интенсификация урагана Celia, сопровождавшаяся усилением КНЧ-колебаний, которые были зарегистрированы со спутника Космос-1809, вызвала коровое землетрясение Landers.

В таблице в отдельных строчках суммировано число землетрясений в квадрате 33-35 N, 116-117 W и диапазон наблюдавшихся магнитуд. После увеличения числа форшоков и их локализации 27 июня, площадь выборки в таблице с 28 июня уменьшили в 7 раз. Резкое увеличение числа форшоков перед главным толчком указывает на возможность предсказать землетрясение Landers.

№	Дата 06.92	Число толчков Место	UT	Координаты N / W	Магнитуды
1	1	2	0 - 24	33-35/116-117	2.6
2	10	1	0 - 24	33-35/116-117	2.6
3	11	6	0 - 24	33-35/116-117	2.5 - 4.3
4	23	NTS, Galena	15:00	37.12 / 116.03	3.8
5	24	2	0 - 24	33-35/116-117	2.5 - 3.6
6	25	0	0 - 24	33-35/116-117	
7	26	1	0 - 24	33-35/116-117	3.3
8	27	3	0 - 24	33-35/116-117	2.6 - 2.9
9	28	12	0 - 11:57	34.2±0.4 / 116.4±0.4	2.5 - 3.6
10	28	Landers	11:57:34	34.2 / 116.4	7.3
11	28	10 35	11:58- 15:05	34.2±0.4/116.5±0.4	4.6 - 5.8 2.5 - 4.5
12	28	Big Bear	15:05:30	34.2 / 116.8	6.3

# Параметры плазмы верхней ионосферы над Калифорнийским разломом за сутки до землетрясения Landers



За сутки до главного толчка Landers ТЦ Celia и Bobbie достигли своего max – 4 категории.

На витке 27892-93, ближайшем к эпицентру, наблюдалось:

- в магнитном зените Landers  $L=1.32$  узкий всплеск электростатических колебаний в канале 140 Гц;
- рост Ne над всем разломом Сан-Андреас;
- необычный всплеск э/м колебаний на  $L=1.16-1.19$  в южном полушарии.

# Сильные землетрясения в Калифорнии [4]

No	Name	Date	$M_{w0}$	h km	Epicenter N /W	$T_{for}$ hour	$\Delta t$ min	r km	Tropical Cyclone	Max N /W
1	Loma Prieto	1989-10-18	6.9	17.2	37.0 / 121.9				<b>Typhoon Elsie</b>	17 / -123
2	Joshua Tree	1992-04-23	6.1	11.6	34.0 / 116.3	2.4	1.7	1	<b>SS One</b>	25.5 / 62.4
3	Cape Mendocino	1992-04-25	7.2	9.9	40.3 / 124.2	2.8	16.2	25	<b>TC Innis</b>	-14 / 169
4	Landers	1992-06-28	7.3	4.1	34.2 / 116.4	6.2	1.3	0.2	<b>Hurricane Celia</b>	15 / 110
5	Big Pine	1993-05-17	6.1	3.6	37.2 / 117.8				<b>TC Adel</b>	-8 / 153
6	Northridge	1994-01-17	6.7	18.2	34.2 / 118.5				<b>STS Rewa</b>	-17 / 157
7	Hector Mine	1999-10-16	7.1	13.7	34.6 / 116.3	15.2	254	0.6	<b>Hurricane Irene</b>	28.6 / 79.9
8	Central California	2003-12-22	8.5	8.4	35.7 / 121.1				<b>STC Heta</b>	-18 / 170
9	Delta, B.C., MX	2010-04-04	7.2	10	32.3 / 115.3	23.6	205	34	<b>TC Robyn</b>	-16 / 82
10	Ridgecrest	2019-07-04	6.4	10.5	35.7 / 117.5				<b>Hurricane Barbara</b>	28 / 87

Сильнейшим землетрясениям в Калифорнии до 2020 можно сопоставить развитие ТЦ в Тихом и Атлантических океанах. Причем, землетрясения восточнее разлома Сан Андреас имеют форшоки, а западнее нет.

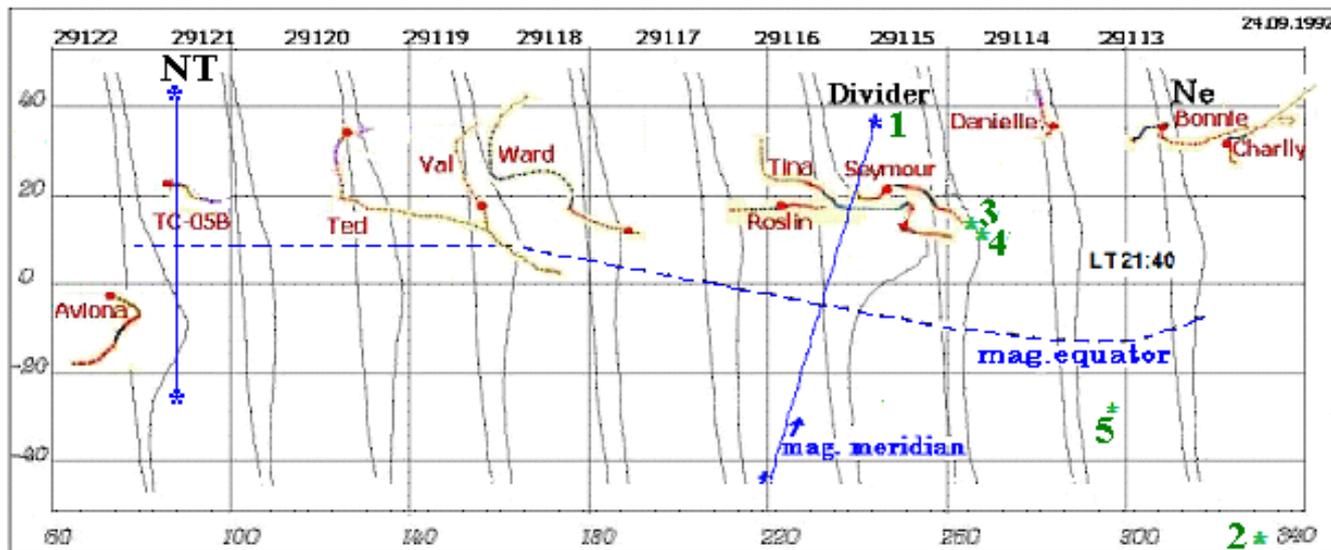
Форшоки группируются перед главным ударом - три последовательных толчка:

**Tfor** – время начала предвестника;

**$\Delta t$**  – продолжительность;

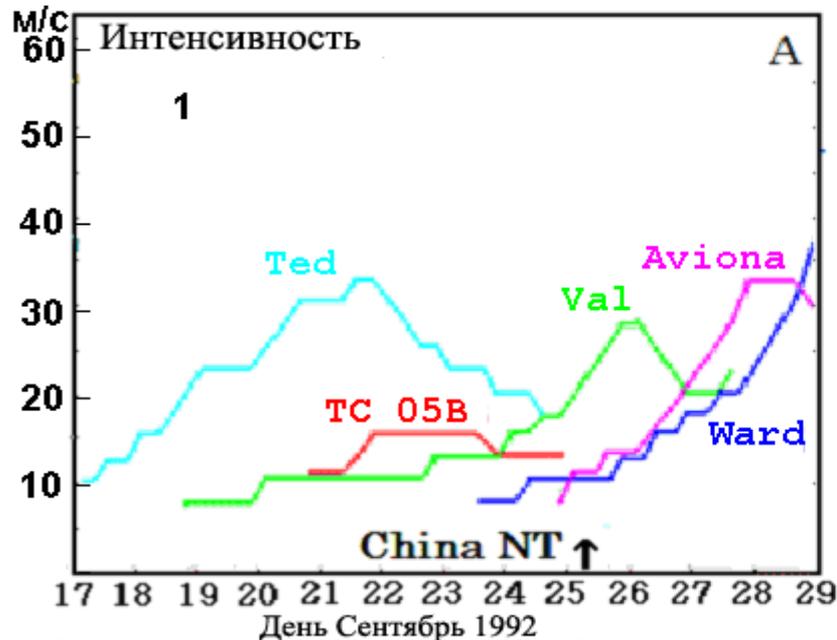
**r** – радиус круга.

# Возникновение цепочки из 11 ТЦ после ПЯВ США и Китая в сентябре 1992 [4]

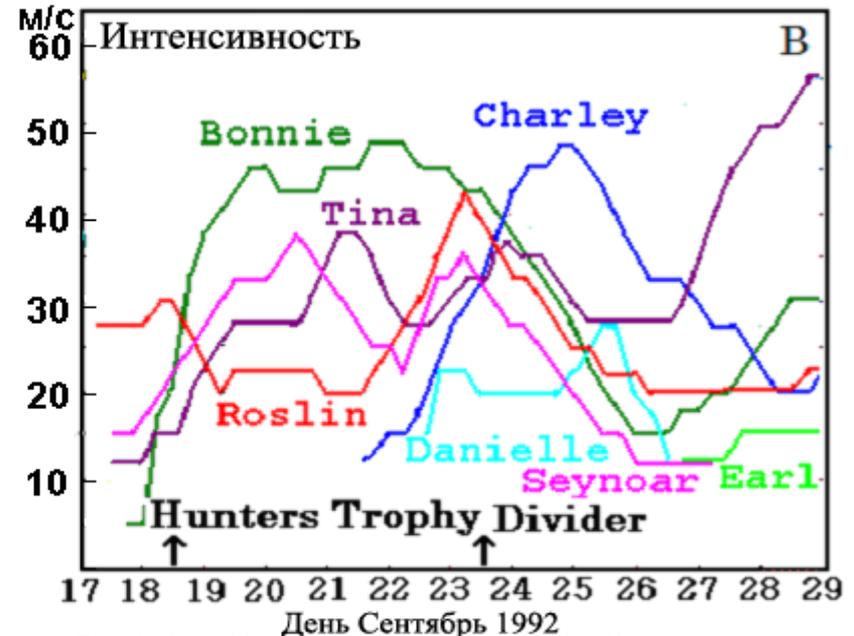


№	День 09.92	UT h : m	Эпицентр N / W	M	Глубина км	Место
1	23	15:04	37.0 / 116.0	4.2	1.21	Nevada Test Site
2	24	00:52	- 59.5 / 26	5.5	21.2	South Sandwich Islands region
3	24	06:10	14.3 / 91.4	4.6	33.0	Guatemala
4	24	07:48	13.7 / 91.1	4.6	33.0	offshore Guatemala
5	24	13:22	31 S / 67.8	4.9	9.5	San Juan, Argentina

# Интенсивности тропических циклонов в сентябре 1992



(A) Indian and West Pacific Oceans



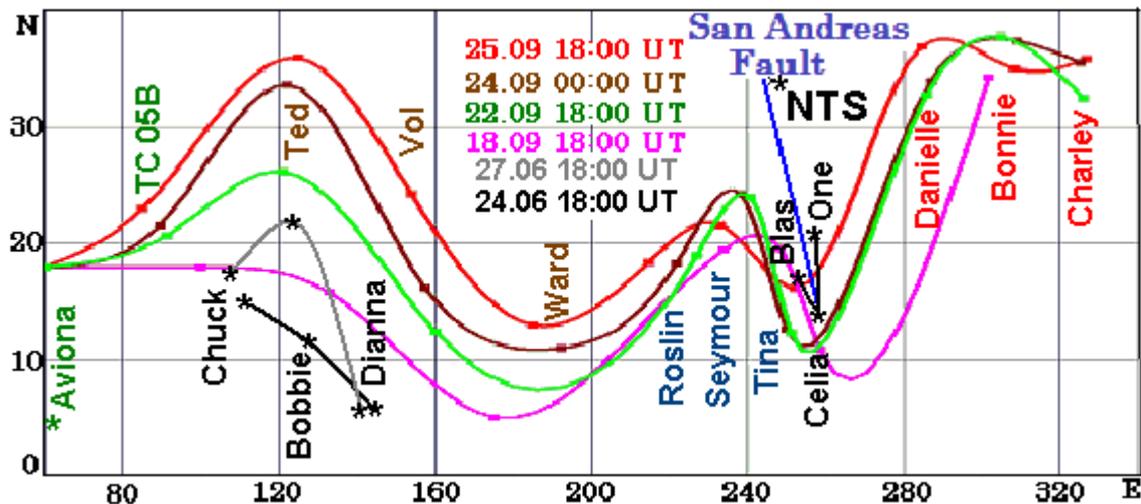
(B) Atlantic and East Pacific Oceans.

В это время были произведены в США ПЯВ Hunters Trophy, Divider и Nuclear Test (NT) в Китае. После ПЯВ Hunters Trophy интенсифицировались 3 тропических возмущения около Америки и сформировалась цепочка из 10 тропических циклонов – волна Rossby-Aburjania.

Акустическое воздействие следующего ПЯВ Divider на ураганы в Атлантическом и Тихом океанах резко изменило траектории их движения. На предыдущем рисунке показаны эти изменения, а также приведена плотность плазмы на 10 нисходящих витках спутника Космос-1809. Начало первого интервала отвечает 0:45:32 UT, длительность 26.2 мин.

NT Китая 25 сентября добавило в цепочку одиннадцатый ТЦ Aviona.

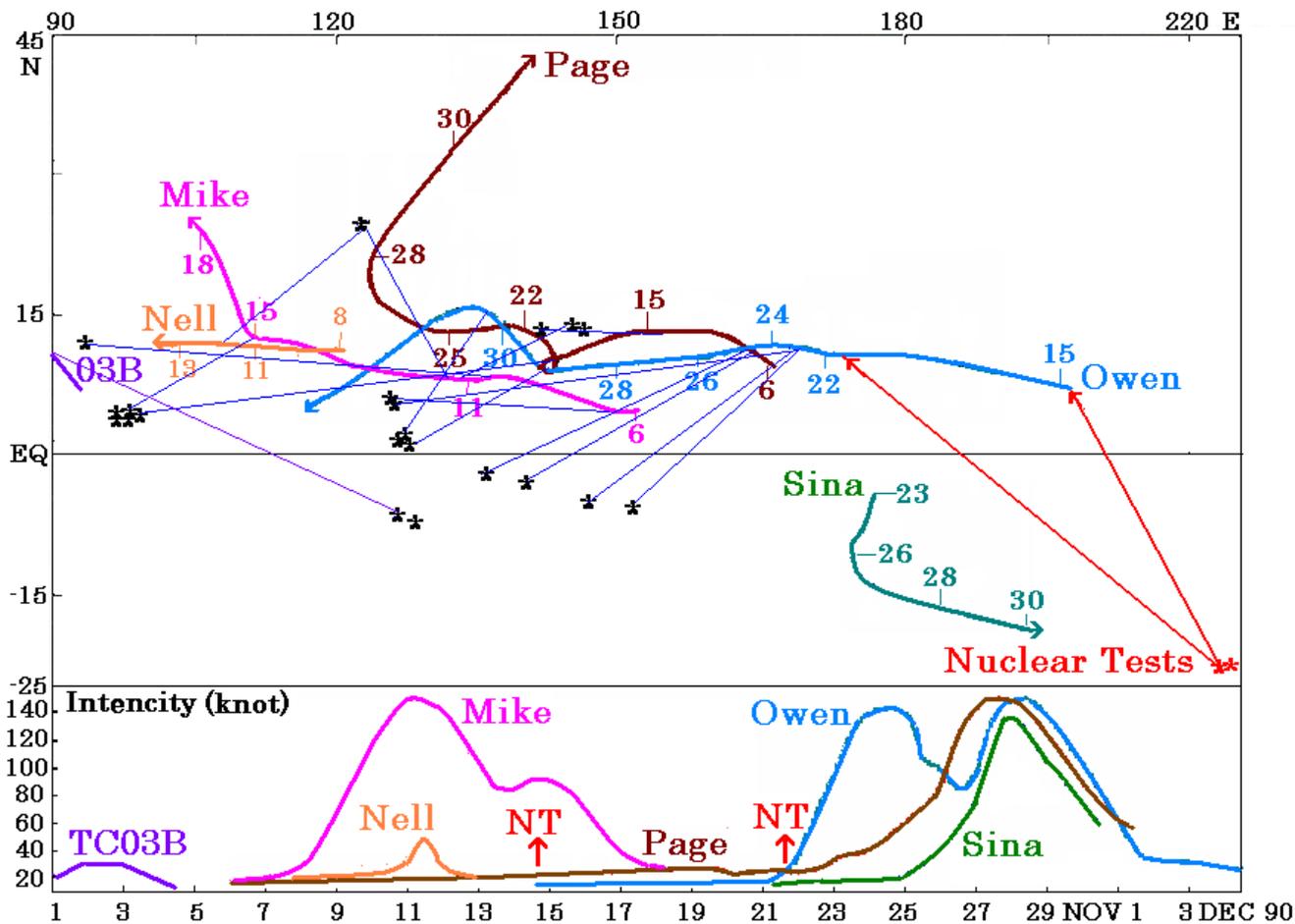
# Развитие волн Россби – Абурджаниа после ПЯВ на Nevada Test Site в 1992



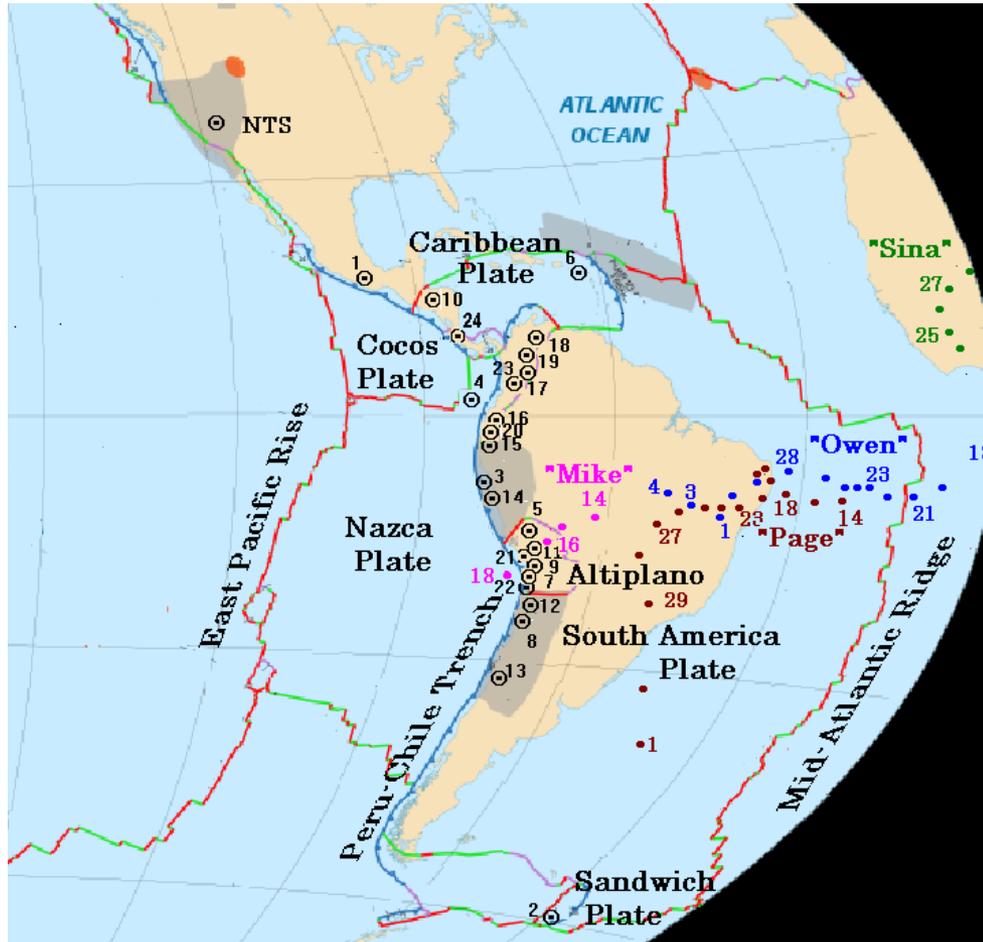
Кривые проведены через центры ТЦ, квадратичная аппроксимация.

1. К формированию волн, по-видимому, привели акустические воздействия от ПЯВ Galena (23.06), Hunters Trophy (18.09), Divider (23.09).
2. Согласно теоретическим выводам Абурджаниа, самоорганизация цепочки ТЦ в виде замагниченной волны Россби обязана присутствию неоднородного зонального ветра [5, 6].
3. Общая точка всех кривых привязана к сопряженной области зарождающего ТЦ Aviona.

# Траектории тайфунов и землетрясения (звездочки) после ПЯВ Франции в 1990 [7]



# Землетрясения Америки и диаметральные проекции ТЦ после ПЯВ Франции [8,9]



# Землетрясения Америки после ПЯВ Франции

No.	Date 1990	Area	UT h : m	Epicenter N / W	Mw	Depth km
1	11-15	Coixtlahuaca, Mexico	04:27	17.91 / 97.33	4.7	70.4
2	11-16	South Sandwich Islands region	07:20	-59.71 / 26.24	5.7	33.0
3	11-17	Santiago de Cao, Peru	10:24	-8.68 / 79.88	4.7	35.0
4	11-18	coast of Central America	14:15	2.29 / 84.41	5.0	33.0
5	11-18	Cayarani, Peru	19:46	-14.62 / 71.9	4.8	136.3
6	11-18	Bonaire, Saint Eustatius and Saba	20:28	17.8 / 63.04	5.4	91.8
7	11-20	Tocopilla, Chile	16:28	-22.69 / 69.88	4.7	58.3
8	11-20	Diego de Almagro, Chile	22:33	-26.38 / 70.82	4.6	56.0
9	11-21	Iquique, Chile	07:56	-20.5 / 68.92	4.6	126.0
10	11-21	Las Vegas, Honduras	12:58	14.89 / 87.55	4.5	33.0
11	11-21	Curahuara de Carangas, Bolivia	16:45	-17.53 / 69.1	4.5	169.2
12	11-21	San Pedro de Atacama, Chile	23:23	-22.9 / 68.71	4.6	81.4
13	11-22	Los Andes, Chile	01:17	-32.19 / 69.99	4.6	119.7
14	11-22	Huarmey, Peru	14:25	-10.13 / 78.62	5.1	47.5
15	11-23	Zorritos, Peru	07:27	-3.62 / 80.82	4.9	33.0
16	11-23	Palora, Ecuador	22:15	-1.8 / 78.08	4.7	155.7
17	11-23	Salento, Colombia	22:35	4.71 / 75.57	6.1	144.6
18	11-24	Coro, Venezuela	07:53	10.76 / 69.42	5.1	41.9
19	11-25	Caucasia, Colombia	01:52	8.09 / 75.06	4.7	73.8
20	11-25	Sucua, Ecuador	12:32	-2.69 / 77.77	5.4	25.4
21	11-26	Calama, Chile	18:50	-21.35 / 68.72	4.5	124.2
22	12-02	Calama, Chile	14:37	-21.82 / 68.33	5.3	120.7
23	12-03	Cepita, Colombia	00:38	6.77 / 72.97	5.3	159.0
24	12-04	Upala, Costa Rica	08:02	10.91 / 84.85	4.8	159.0

# Землетрясения Америки после ПЯВ Франции [8]

1. Землетрясения № 1-6 произошли 15-18 ноября на фазе падения интенсивности тайфуна Mike. В это время Mike покинул Филиппинские острова и приближался к Китаю. 17 ноября прошел через остров Хайнань протяженностью 270 км. В диаметрально противоположной области "Fantom" Mike прошел через высокогорное плато Altiplano и пересек Peru-Chile Trench. Землетрясения № 1, 5, 6 были глубокофокусными  $h \sim 100$  km, что соответствует вытягиванию «корней» литосферных плит из магмы и их разрыву в наиболее слабом месте. Землетрясения № 2-4 были на глубине  $h \sim 30$  km, что соответствует картине поднятию в центре воздействия и опусканию на краях океанических плит.
2. Землетрясения № 7-20 произошли 20-25 ноября при развитии первого максимума тайфуна Owen и роста интенсивности Page. В это время Owen подходил к Mariana Trench. Page 19-21 ноября почти остановился, а 22 его центр сместился на Challenger Deep. В диаметрально противоположной области "Fantom" Owen 22-Nov пересек Mid-Atlantic Ridge. После чего, 22-24-Nov на стадии роста интенсивности Owen и Page очаги землетрясений № 13-18 стали систематически перемещаться на север. На фазе падения интенсивности Owen и роста Page очаги землетрясений № 18-20 стали систематически перемещаться на юг.
3. С 26 по 30 ноября происходило синхронное развитие Owen, Page и Sina до пятой категории. Сейсмическая активность на американском континенте резко снизилась. На стадии роста их интенсивности произошло только одно землетрясение № 21. На стадии падения интенсивности 29-Nov два по  $M=4.4$ . Одно в Мексике (5:30 UT, 18.3 N 100.6 W), когда "Fantom" Owen вступил на материк. Другое в Перу (13:28 UT, 18.2 S 69.3 W), когда "Fantom" Page покинул материк. Эти землетрясения не включены в таблицу, но учитывались при построении гистограммы.
4. Землетрясения № 22-24 произошли 2-4 декабря, когда остался только Owen. Все землетрясения были глубокофокусными и достаточно сильными, что указывает на то, что, по-видимому, произошла релаксация смещений, возникших из-за воздействия трех супер тайфунов.

# Выводы

**Возникновение и развитие мощных источников воздействия на атмосферу: тропических циклонов и сильных землетрясений взаимосвязаны.**

**В области разрежения ТЦ литосферные плиты резко приподнимаются, а на краях опускаются. В областях с наибольшим развитием деформационных процессов происходит сброс напряжений [12] – основной спусковой механизм.**

**Сильные литосферные землетрясения происходят на фазах резкого изменения интенсивности ТЦ.**

**Если в области контакта двух плит нижняя под действием момента сил ТЦ:**

- 1. опускается, то обычно происходит землетрясение на глубине ~ 30 км;**
- 2. поднимается, то происходит глубокофокусное землетрясение [2].**

**Интенсивность как инфразвуковых волн, возбуждаемых ТЦ, так и сейсмических колебаний, возбуждаемых в центре ТЦ на шельфе [3], увеличиваются в диаметрально противоположной области другого полушария, эффект антипода, что, по-видимому, объясняет корреляцию удаленных землетрясений с развитием ТЦ [8, 10, 11].**

**В свою очередь, акустическое воздействие сильных землетрясений и ПЯВ на области тропических возмущений или ослабленный ТЦ может интенсифицировать их [9]. Физический механизм соответствует теоретическим выводам Абурджаниа о самоорганизации ВГВ структур в неоднородной ионосфере [5, 6].**

# Литература

1. *Kostin V., Belyaev G., Ovcharenko O., Trushkina E.* Impact of typhoon Gay on lithospheric earthquakes // II All – Russian Scientific Conference with international Participation “Modern methods of seismic hazard assessment and earthquake prediction”. IEPT RAS. P. 114-115. 2021. <https://www.itpz-ran.ru/wp-content/uploads/2021/11/2021-ITPZ-Conference-Abstracts.pdf>.
2. *Kostin V.M., Belyaev G.G., Ovcharenko O. Ya., Trushkina E.P.* Особенности взаимосвязи тропических циклонов и землетрясений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. Т. 19. № 1. С. 114-128. 2022.
3. *Fan W., McGuire J. J., de Groot-Hedlin C. D., Hedlin M. A. H., Coats S., Fiedler J. W.* Stormquakes // *Geoph. Research Letters*. V. 46(22). P. 12909-12918. 2019.
4. *Костин В.М., Беляев Г.Г., Трушкина Е.П., Овчаренко О.Я.* Взаимосвязь развития тропических циклонов и отдельных сильных землетрясений в июне 1992 по данным мониторинга плазмы ионосферы со спутника Космос-1809 // *Материалы 18-й Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»*. ИКИ. С. 401. 2020.
5. *Абурджания Г.Д.* Самолокализация планетарных волновых структур в ионосфере при взаимодействии с неоднородным геомагнитным полем и зональным ветром // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. Т. 47. № 4. С. 533-546. 2011.
6. *Абурджания Г.Д., Харшиладзе О.А., Чаргазия Х.З.* Самоорганизация ВГВ структур в неоднородной ионосфере 2. Нелинейные вихревые структуры // *Геомагнетизм и Аэрномия*. Т. 53. № 6. С. 797-808. 2013
7. *Kostin V., Belyaev B., Ovcharenko O., Trushkina E.* Impact of France Nuclear Tests on typhoons and Earthquakes in November 1990 // *International Journal of Engineering Research & Science*. Vol. 6(12). P. 25-31. 2020.
8. *Kostin V., Belyaev B., Ovcharenko O., Trushkina E.* American Continent Lithospheric Earthquakes after Nuclear Test of France in November 1990 // *International Journal of Engineering Research & Science*. Vol. 7(12). P. 30-34. 2021.

9. *Костин В.М.* Ионосферные эффекты подземных ядерных взрывов по данным спутника Космос-1809 // Материалы II Всероссийской научной конференции «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений», ИТПЗ РАН. Москва. 18 с. 2021. <https://www.itpz-ran.ru/deyatelnost/conferences/100-let-vkb.pdf>
10. *Костин В.М., Беляев Г.Г., Овчаренко О.Я., Трушкина Е.П.* Возмущения ионосферы после землетрясений в районе Бразильской аномалии // 17-я ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе». ИКИ РАН. С. 196. 2022.
11. *Kostin V., Belyaev G., Ovcharenko O., Trushkina E.* Features of some interacting tropical cyclones in the Indian Ocean after the Mount Pinatubo eruption // Intern. J. Engineering Research & Science. Vol. 5(9). P. 19-26. 2019.
12. *Горшков А.И., Соловьев А.А., Шебалин П.Н.* К 30-летию ИТПЗ РАН // <https://www.itpz-ran.ru/wp-content/uploads/2020/09/2019-ITPZ-Conference-30y-1.pdf>.