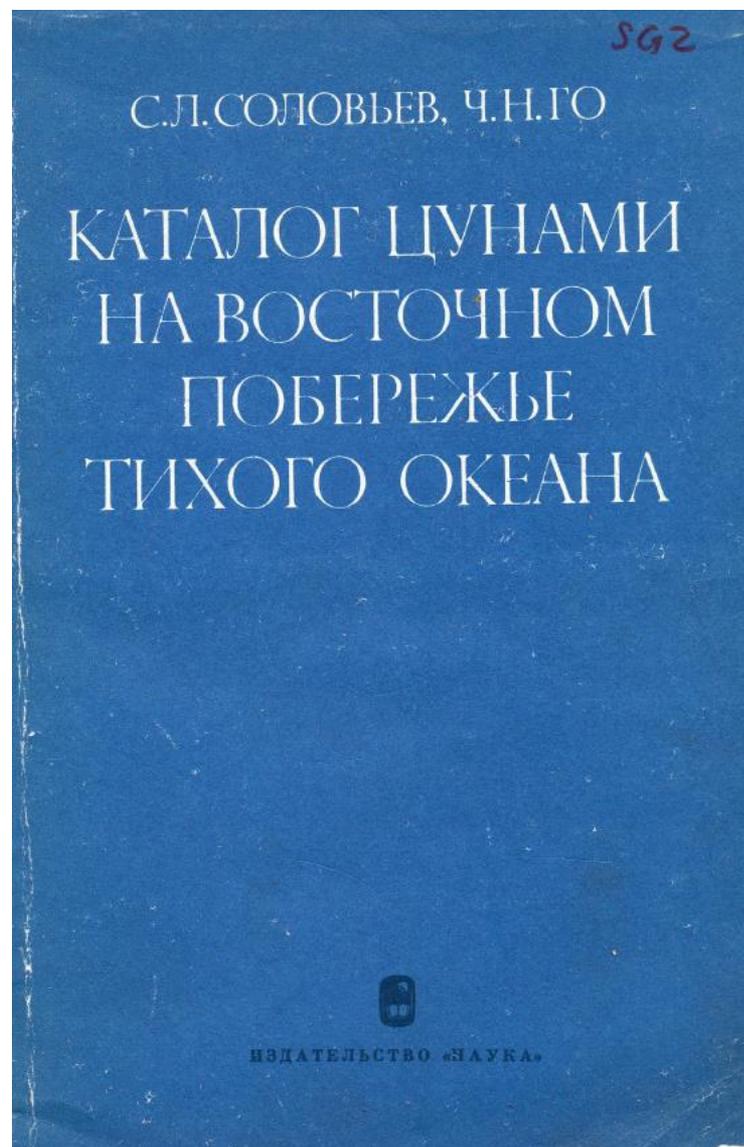
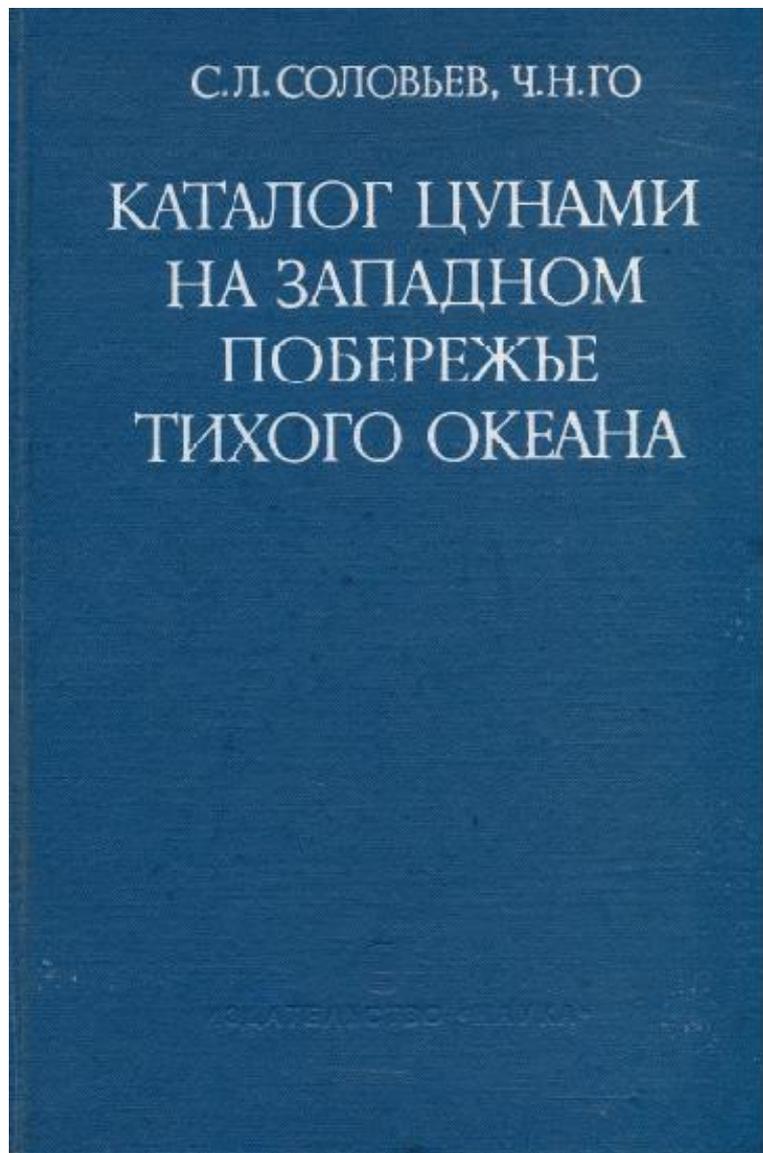


**С.Л.СОЛОВЬЕВ И СТАНОВЛЕНИЕ
СЛУЖБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ
НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ
СССР**

В.К.Гусяков

**Институт вычислительной математики
и математической геофизики
Сибирское отделение
Российская академия наук
г.Новосибирск
Email: gvk@sscc.ru**

В российском и зарубежном цунами-сообществе С.Л.Соловьев известен прежде всего как автор двух фундаментальных каталогов цунами в Тихом океане, опубликованных в 1974 и 1975 гг. на русском языке и в 1984 г. переведенных в Канаде на английский язык



Каталоги цунами С.Л.Соловьева

Соловьев С.Л., Ферчев М.Д. Сводка данных о цунами в СССР // Бюлл. Совета по сейсмологии АН СССР. 1961. N 9. P. 23-55.

Соловьев С.Л., Го Ч.Н. Каталог цунами на восточном побережье Тихого океана // 1975. P. 203.

Соловьев С.Л., Го Ч.Н. Каталог цунами на западном побережье Тихого океана // 1974. P. 310.

Соловьев С.Л. Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1737-1976гг // Изучение цунами в открытом океане. 1978. P. 61-136.

Соловьев С.Л., Го Ч.Н., Ким Х.С. Каталог цунами в Тихом океане, 1969-1982 // 1986. P. 163.

Соловьев С.Л., Го Ч.Н., Ким Х.С., Соловьева О.Н., Щетников Н.А. Цунами в Средиземном море, 2000 г. до н.э. – 1991 г., Москва, МГК/РАН, 1997, 140с.

Soloviev S.L, Solovieva O.N., Go Ch.N., Kim H.R., Schetnikov N.A. Tsunamis in the Mediterranean Sea, 2000 B.C. - 2000 A.D.// Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000, 260 pp.

Основные результаты научной и организационной деятельности С.Л.Соловьева

- ❑ Создание энергетической классификации (шкалы магнитуд) землетрясений СССР (1955-1956)
- ❑ Разработка методологических основ и выбор магнитудных критериев для работы Службы предупреждения цунами на ДВ побережье (1957-1960)
- ❑ Создание Гидрофизической обсерватории на о-ве Шикотан, разработка основ гидрофизического метода прогноза цунами (1962-1965)
- ❑ Модификация шкалы интенсивности цунами, получение оценок эффективности магнитудного прогноза цунами (1966-1971)
- ❑ Формулировка нового (сейсмотектонического) подхода к решению задачи цунамирайонирования (1968)
- ❑ Совместные советско-американские экспедиции по изучению цунами в открытом океане, первая глубоководная регистрация цунами (1976-1980)
- ❑ Получение связи амплитуд волны на урезе с высотами заплеска на сухом берегу (1978)

Всего С.Л.Соловьевым опубликовано более 300 работ, в том числе 10 монографий. Важнейшими среди этих работ являются следующие:

- **Соловьев С. Л., Шебалин Н. В. Цунами и интенсивность Курило-Камчатских землетрясений // Изв. АН СССР, серия геофиз., №8, 1959.**
- **Соловьев С.Л. Проблема цунами и ее значение для Камчатки и Курильских островов // Проблема цунами. 1968. Р. 7-50.**
- **Соловьев С.Л. Санах-Кадьякское цунами 1788г. // Проблема цунами. 1968. Р. 232-237.**
- **Соловьев С.Л. Повторяемость землетрясений и цунами в Тихом океане // Труды СахКНИИ. Вып.29. 1972. Р. 7-47.**
- **Soloviev S.L. Tsunamis // The assessment and mitigation of earthquake risk (Natural Hazard, 1), UNESCO, Paris, 1978, P.118-139.**

Академик Сергей Леонидович Соловьев **(12.04.1930 - 9.03.1994)**



- 1947 – закончил школу в Ленинграде**
- 1953 – закончил физ. фак. ЛГУ**
- 1956 - окончил аспирантуру
Геофизического ин-та АН СССР,**
- 1956 - защита кандидат. диссертации**
- 1956-1961 – мнс ИФЗ АН СССР**
- 1956-1961 – уч. секретарь Совета по
сейсмологии при Президиуме РАН**
- 1961-1968 – зав отделом сейсмологии
СахКНИИ СО АН СССР**
- 1961-1977 – руководитель СПЦ на ДВ
побережье СССР**
- 1971 – защита докторской диссертации**
- 1972 – избран член-корр. АН СССР**
- 1971-1977 - директор СахКНИИ СО АН
СССР**
- 1977-1978 – Председатель МСССС**
- 1978-1994 – зав. лаб. ИО РАН**
- 1991 – избран академиком РАН**

Цунами 4 ноября 1952 года в Северо-Курильске
Высоты волн – от 15 до 20 метров. Число погибших -
от 10 до 14 тыс. человек.



С 1952 года в СССР/РФ не было документально подтвержденных случаев гибели людей от цунами

Землетрясение вызвало трансокеанское цунами, с высотами волн на Гавайях до 6 м, на побережье Чили – до 2-3 м.



Из десяти первых выпусков Бюллетеня Совета по сейсмологии (1955-1961гг.) три были целиком посвящены проблеме цунами (выпуски № 2, 4, 9)

БЮЛЛЕТЕНЬ СОВЕТА ПО СЕЙСМОЛОГИИ

№ 4

ЦУНАМИ
4—5 НОЯБРЯ 1952 г.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ НА КАМЧАТКЕ 4—5 НОЯБРЯ 1952 г.

Землетрясению 4—5 ноября 1952 г. на Камчатке предшествовало не менее сильное землетрясение у восточного побережья острова Хоккайдо 4 марта 1952 г. По данным сейсмических станций СССР, координаты эпицентра этого землетрясения были $41,8^{\circ}\text{N}$ и $143^{\circ},8\text{E}$.

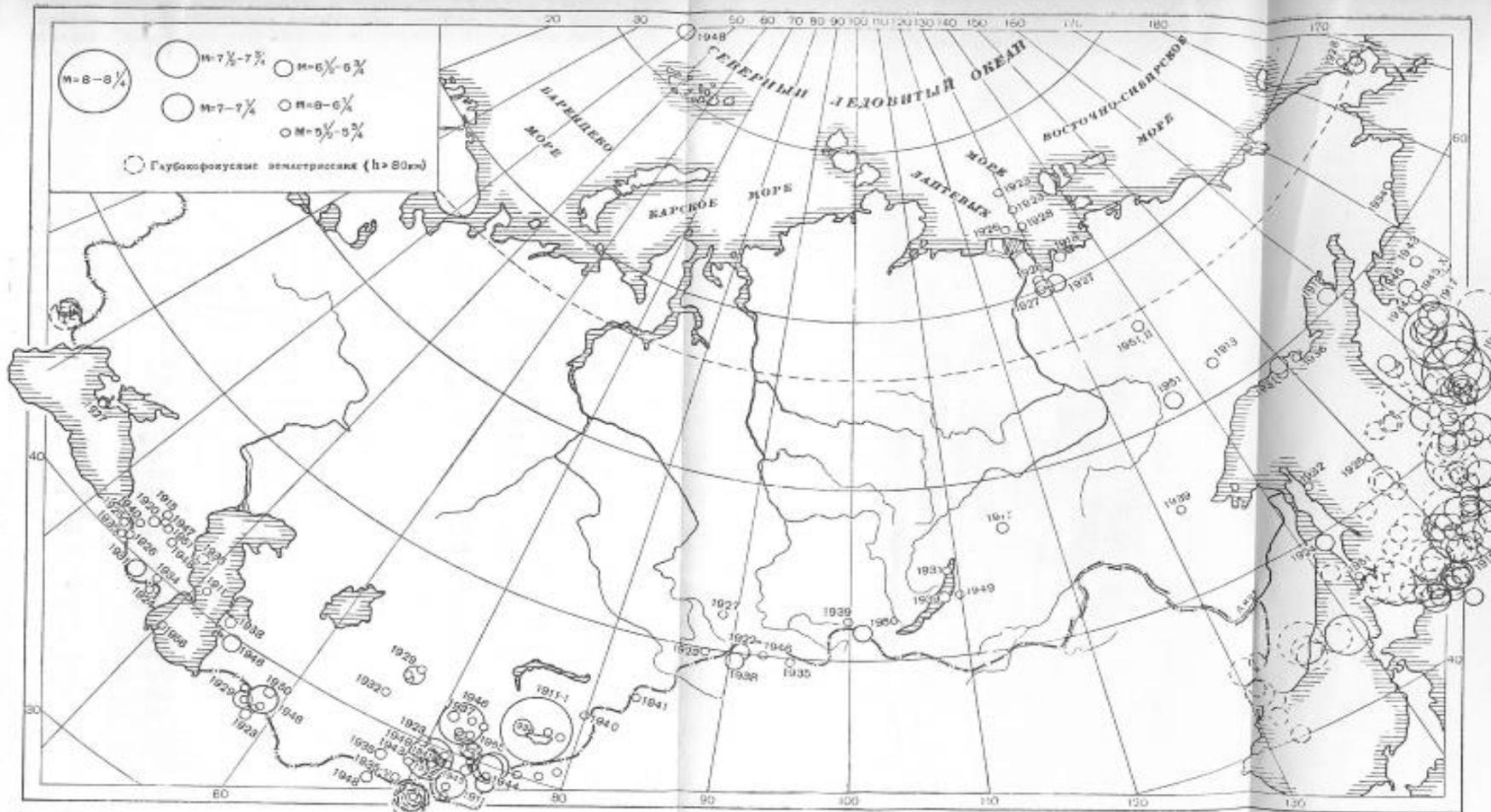
1952.03.04 Хоккайдо $M_s=8.3$ $M_w=8.1$ $I=2$ $H_m_{бз} = 6.1\text{ м}$ $H_m_{дз} = 0.3\text{ м}$

1952.11.04 Камчатка $M_s=8.5$ $M_w=9.0$ $I=4$ $H_m_{бз} = 23\text{ м}$ $H_m_{дз} = 6.1\text{ м}$



С.Л.Соловьев со своим научным руководителем Е.Ф.Саваренским. Под его руководством он защитил в 1955 году кандидатскую диссертацию по теме «Об энергетической классификации землетрясений СССР»

Саваренский Е.Ф., член-корр. АН СССР, зав. отделом сейсмологии ИФЗ РАН. В 1955-1977 гг. председатель Совета по сейсмологии при Президиуме АН СССР (позднее назывался МСССС)



Фиг. 2. Карта сильных землетрясений СССР 1911-1953 гг.

Первая карта сильных землетрясений СССР (1911-1953гг.), составленная С.Л.Соловьевым в 1956 году показала такое распределение сейсмичности по территории СССР:

Курило-Камчатская зона – 80%

Средняя Азия – 19%

Кавказ – 1%

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СТАНЦИЙ СЛУЖБЫ ЦУНАМИ

Организацию службы предупреждения о цунами на Дальнем Востоке проводит Гидрометеорологическая служба СССР при активном участии ряда министерств, учреждений и институтов Академии наук СССР.

Сама служба предупреждения о цунами задумана в следующем виде.

В нескольких пунктах дальневосточного побережья создаются специализированные цунами-станции, ведущие сейсмические, мареографические и другие наблюдения. Сейсмическая служба каждой цунами-станции обесп

аппаратур
(в течение
сения.

Распоряжение Президиума Академии наук СССР от 17 ноября 1956 г.
распределяет между академическими учреждениями работы, связанные с организацией службы предупреждения о цунами.

На основании этого распоряжения Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт должен принять участие в создании цунами-станций, взяв на себя организацию сейсмической части этих станций, и подготовить для них работников. Кроме того, на Институт возлагается обязанность принять участие наряду с другими академическими организациями и местными дальневосточными учреждениями в составлении инструкции по оповещению об угрозе цунами. Институт должен участвовать в работах по составлению схемы цунамирайонирования побережий Дальнего Востока. Наконец, Институт обязан усилить научно-исследовательскую работу по изучению сейсмических явлений, связанных с возникновением и распространением цунами.

Очаповский Б.Л. Об организации на Дальнем Востоке специализированных станций службы цунами // Бюллетень совета по сейсмологии, 1961, №9.

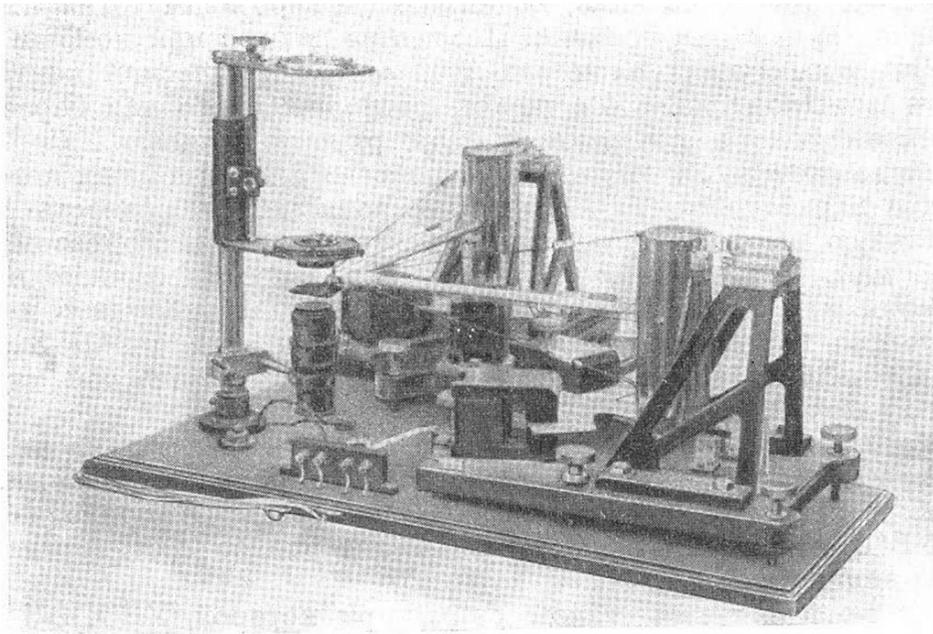


Рис. 2. Фотография азимутографа УБОПЭ-1

**Установки быстрого определения
положения эпицентра,
разработанные в ИФЗ АН СССР для
Службы предупреждения о цунами
(Кирнос, Рыков, 1961)**

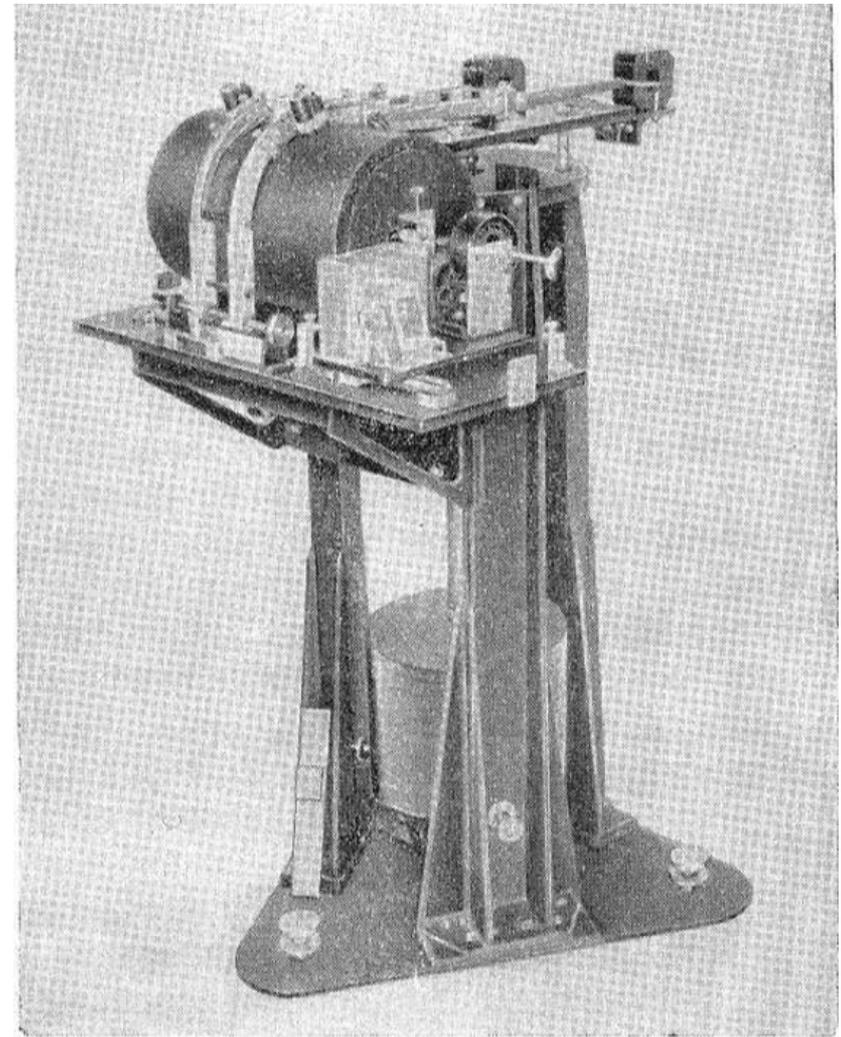


Рис. 9. Фотография сейсмографа в УБОПЭ-2

Гусяков В.К. Магнитудно-географический критерий прогнозирования цунами: анализ практики применения за 1958-2009гг.// Сейсмические приборы, 2010, №3

Таблица 1. Параметры землетрясений в Дальневосточном регионе РФ с магнитудами $M \geq 7.0$ и тревоги цунами, объявленные службой предупреждения о цунами за период 1958–2009 гг.

№	Дата (по GMT)	Время в очаге (GMT)	Координаты		h , км	Магнитуда			I	Кто объявлял тревогу	Сведения о цунами, максимальная высота (м): общая и на побережье РФ	Статус тревоги
			с.ш.	в.д.		$M_2^{обн}$	$M_2^{обп}$	M_w				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1958.03.03	16:18:23	55.5	166.0	40		5.8		–	С/ст ПТК	Цунами не было	Л
2	1958.04.13	12:29:08	52.5	161.1	20	6.5	6.5		–	С/ст ПТК	Цунами не было	Л
3	1958.11.06	22:58:08	44.5	148.5	40	8.2	8.2	8.4	2.5	СУГМС по данным ЯМА	Итурупское цунами $H_m=5$ м (5 м)	О
4	1958.11.12	20:23:32	44.4	148.7	40	7.5	7.5	7.0	–2.0	Тревога не объявлялась	Слабое цунами на Южн. Курилах $H_m=0.2$ м (0.2 м)	–
5	1959.05.04	7:15:40	53.1	160.3	20	7.8	7.8	8.0	1.0	С/ст ПТК	Цунами на Камчатке $H_m=2.0$ м (2.0 м)	О
6	1959.06.18	15:31:24	53.9	160.5	15	7.0	7.0		–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
7	1959.10.27	06:52:51	45.9	151.1	15	7.2	7.2		–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
8	1960.07.25	11:12:08	53.6	158.9	120	7.2	7.2		–	С/ст ПТК	Цунами не было	Л
9	1961.01.10	14:22:24	50.0	156.0	70	6.5	6.5		–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
10	1961.02.12	21:53:46	43.9	147.6	50	7.0	7.0		–0.5	С/ст ЮСХ	Слабое цунами на Итурупе $H_m=1$ м (1 м)	О
11	1961.08.11	15:51:34	43.0	145.2	44	7.2	7.2	7.2	–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
12	1961.08.17	21:16:33	46.4	149.4	160	7.0	7.0		–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
13	1962.04.23	05:58:12	42.5	143.7	70	6.5	7.1		–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
14	1963.03.16	08:44:51	46.6	154.6	50	7.3	7.3	7.2	–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
15	1963.06.28	21:55:40	46.6	153.4	40	7.0	7.0		–	Тревога не объявлялась	Цунами не было	–
16	1963.10.12	11:26:59	44.7	149.1	50	7.0	7.2	7.1	–4.0	Тревога не объявлялась	Слабое цунами на о. Матуа $H_m=0.03$ м (0.03 м)	–
17	1963.10.13	05:17:56	44.8	149.5	47	8.0	8.1	8.6	2.5	С/ст ЮСХ, ПТК	Сильное цунами на Уруп $H_m=5$ м (5 м)	О
18	1963.10.20	00:53:12	44.8	150.2	27	7.5	7.2	7.9	3.0	СахУГМС по данным ГМС Ван-Дер-Линда	Разрушительное цунами на Уру- пе $H_m=15$ м (15 м)	–
19	1964.05.07	07:58:14	40.5	139.1	20	6.8	6.9	7.0	–1.0	Тревога не объявлялась	Слабое цунами на западном побе- режье Хоккайдо $H_m=0.9$ м (–)	–
20	1964.06.16	04:01:40	38.3	139.2	11	7.5	7.5	7.6	2.0	Тревога не объявлялась	Ниигатское цунами на о. Хонсю $H_m=5.8$ м (0.6 м)	–
21	1964.06.23	01:26:37	43.2	146.2	80	7.2	7.2		–	С/ст КУР	Цунами не было	Л

Соловьев С. Л., Шебалин Н. В. Цунами и интенсивность Курило-Камчатских землетрясений // Изв. АН СССР, серия геофиз., №8, 1959. 1195-1198.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР
№ 8 СЕРИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ 1959

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ
С. Л. СОЛОВЬЕВ, Н. В. ШЕБАЛИН

ЦУНАМИ И ИНТЕНСИВНОСТЬ КУРИЛО-КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В настоящее время на Дальнем Востоке создается специальная служба предупреждения населения о цунами — морских волнах, возникающих при некоторых землетрясениях в океане [1, 2].

Основой службы являются специализированные сейсмические станции, задача которых состоит в быстром определении координат и других параметров очага землетрясения. Поскольку лишь сравнительно немногие землетрясения Дальнего Востока сопровождаются цунами, главным моментом службы предупреждения станции является отыскание критерия «однозначности» землетрясений.

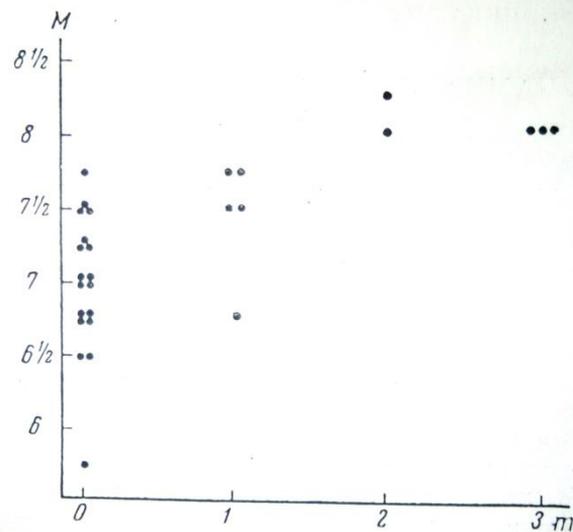
В качестве одного из таких приближенных критериев может быть принята сила землетрясения, поскольку известно, что слабые землетрясения не вызывают цунами. В качестве характеристики силы землетрясения следует выбрать величину, которая определяется непосредственно по наблюдениям станции. Такой величиной является интенсивность M . Наиболее ценным является быстрое знание связи между M и высотой цунами, однако для решения этого вопроса мы располагаем недостаточным материалом: сведения о цунами для некоторых землетрясений Курило-Камчатской зоны, а также небольшим числом зарубежных исследований, относящихся к другим цунамильным областям.

Для решения задачи о цунаминости землетрясений весьма существенным является установление факта преимущественного возникновения цунами в некоторых участках Курило-Камчатской области. Г. И. Попов [3], основываясь на исторических сведениях о цунами и некоторых соображениях о связи особенностей рельефа морского дна с распространением цунамиров, выделил здесь три основные цунамильные зоны: северную (Камчатскую), среднекурильскую и южнокурильскую. В пределах северной зоны в XX веке отмечено 5 землетрясений, сопровождавшихся цунами, в пределах южнокурильской — одно; среднекурильская зона выделена предположительно.

Таблица
Сильные землетрясения Курило-Камчатской области и цунами

Интенсивность M	Всего землетрясений	Число землетрясений в цунамиопасных зонах			В том числе цунамиопасных землетрясений		
		южнокурильская зона	среднекурильская зона	северная зона	южнокурильская зона	среднекурильская зона	северная зона
6 1/2	30	1	1	2	4	0	0
6 3/4	18	0	1	3	4	0	1
7	12	0	0	2	0	0	1
7 1/4	10	0	0	1	1	0	1
7 1/2	5	0	0	1	1	0	1
7 3/4	3	0	1	0	1	0	0
8	3	1	0	2	3	1	0
Всего	81	2	3	11	16	1	5

Рассмотрим литературные данные. О связи высоты цунами с интенсивностью землетрясения



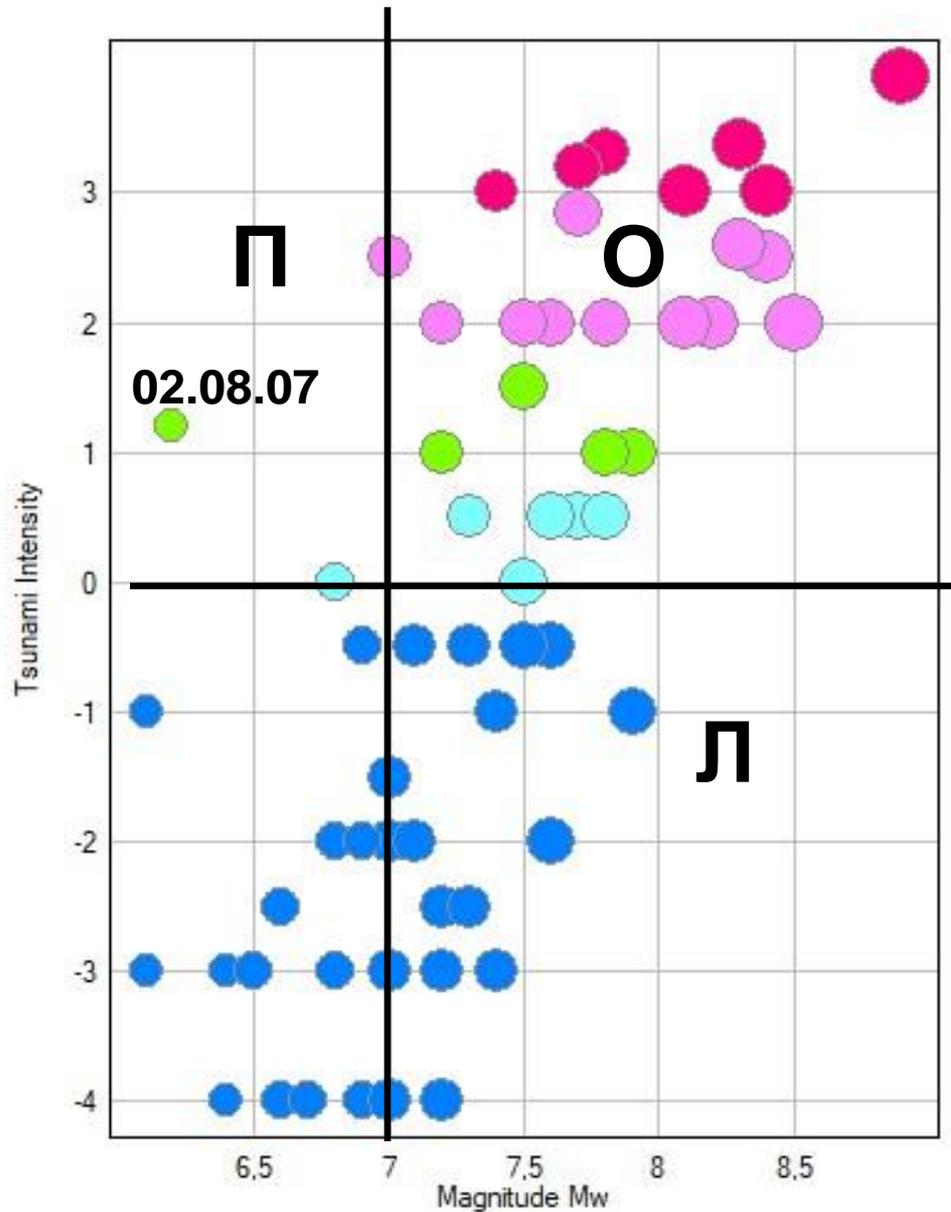
Фиг. 1. Некоторые данные о соотношении высоты цунами и интенсивности землетрясения

Используя данные Иида об интенсивности цунами m , мы переопределили для ряда землетрясений 1912—1952 гг. значения интенсивности M по описанной ранее методике [8], и построили график зависимости m от M (фиг. 1).

Из фиг. 1 следует, что разрушительные цунами появляются лишь при землетрясениях интенсивностью $M > 7 1/4$.

Таким образом, в качестве первого приближенного критерия опасности цунами при Курило-Камчатских землетрясениях можно предложить величину интенсивности землетрясения M и считать, что в пределах северной зоны угроза разрушительного цунами появляется при $M \geq 7$; в остальных районах Курило-Камчатской зоны цунами возможно при $M \geq 7 1/2$ и неизбежно при $M \geq 8$.

Для службы оповещения о цунами необходим простой способ оценки величины M , поскольку время, отводимое на обработку записей землетрясения, исчисляется немногими минутами.



Зависимость интенсивности цунами (по шкале Соловьева-Имамұры) от магнитуды Mw для цунамигенных землетрясений Дальнего Востока РФ за период 1901-2020 гг.

Соловьев С.Л. Повторяемость землетрясений и цунами в Тихом океане // Труды СахКНИИ. Вып.29. 1972. Р. 7-47.

Т а б л и ц а 7

Оценка эффективности магнитудного метода прогноза
опасности цунами

M _{пор}	А. Курило-Камчатская зона				M _{пор}	Б. Японское море			
	О	Л	П	M _{пор}		О	Л	П	
	I	II	I			II			
8,9	I:0:40	-		8,3	I:0:50	-			
8,8	I40:I:2400	-		8,2	I:0:20	-			
8,7	80:I:800	-		8,1	I:0:I2	-			
8,6	50:I:350	-		8,0	I:0:8	-			
8,5	40:I:I80	I7:I:250		7,9	50:I:250	I3:I:I30			
8,4	25:I:80	I0:I:65		7,8	30:I:I20	I2:I:65			
8,3	I5:I:40	7:I:25		7,7	20:I:60	8:I:30			
8,2	I0:I:20	5:I:I2		7,6	I2:I:30	6:I:I5			
8,1	7:I:9	3,5:I:6		7,5	8:I:I5	4:I:8			
8,0	5:I:5	3:I:3		7,4	6:I:8	3:I:4			
7,9	3:I:3	4:2:3		7,3	4:I:4	2:I:2			
7,8	2,5:I:I,5	2:I,5:I		7,2	3:I:2	3:2:2			
7,7	2,5:I,5:I	2,5:2,5:I		7,1	2:I:I	2:2:I			
7,6	4:3:I	4:5:I		7,0	3:2:I	3:3:I			
7,5	5:5:I	6:I0:I		6,9	4:3:I	4:6:I			
7,4	8:I0:I	II:22:I		6,8	5:6:I	6:I2:I			
7,3	I2:24:I	20:52:I		6,7	8:I2:I	I0:24:I			
7,2	24:54:I	40:I40:I		6,6	I2:24:I	I7:53:I			
7,1	50:I40:I	I30:570:I		6,5	20:50:I	30:II0:I			
7,0	I50:550:I	-		6,4	40:I20:I	65:330:I			
				6,3	75:300:I	I60:I000:I			
				6,2	200:I000:I	-			

О - оправдывающиеся тревоги

Л - ложные тревоги

П - пропущенные цунами

M_{пор} - пороговое значение магнитуды.

Гусяков В.К. Магнитудно-географический критерий прогнозирования цунами: анализ практики применения за 1958-2009гг.// Сейсмические приборы, 2010, №3

T – общее число цунами, наблюдавшихся на побережье РФ;

T_0 – число опасных цунами (с высотами $H_{\max} > 0.5$ м);

W – число тревог, поданных службой предупреждения;

W_0 – число оправдавшихся тревог (поданных перед опасными цунами),

а также соотношения между этими параметрами, характеризующие:

W/N – общая эффективность работы службы;

W_0/W – оправдываемость тревог;

T_0/N – ожидаемая эффективность прогноза;

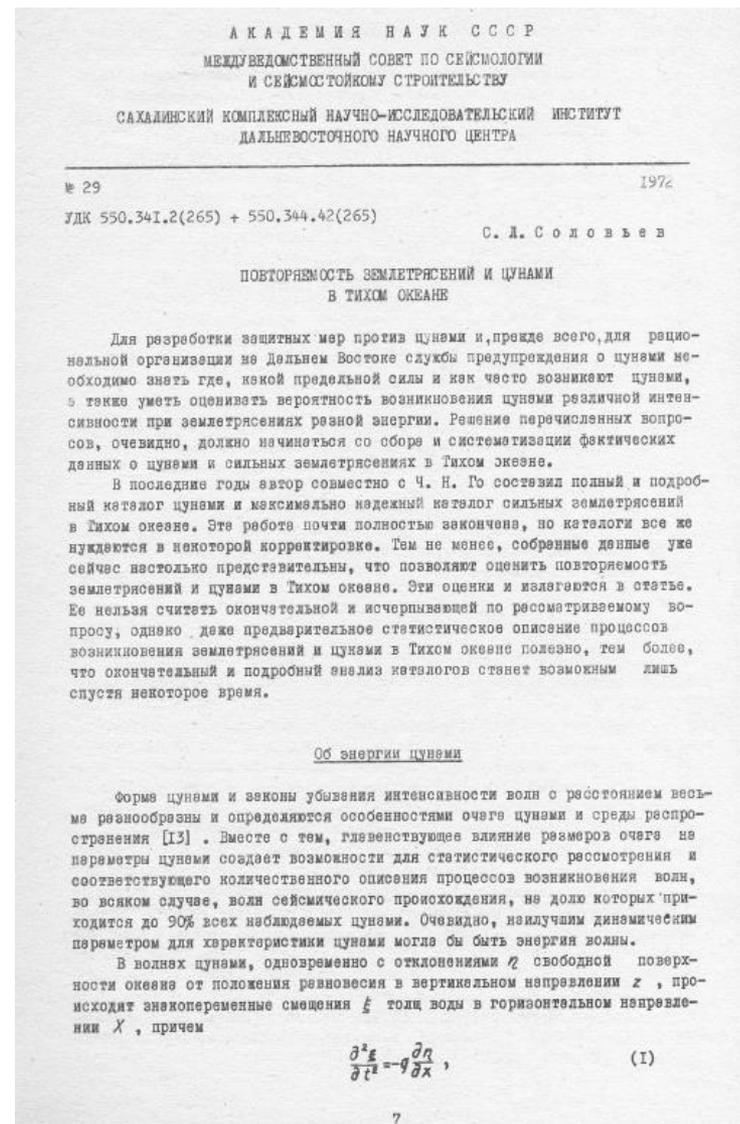
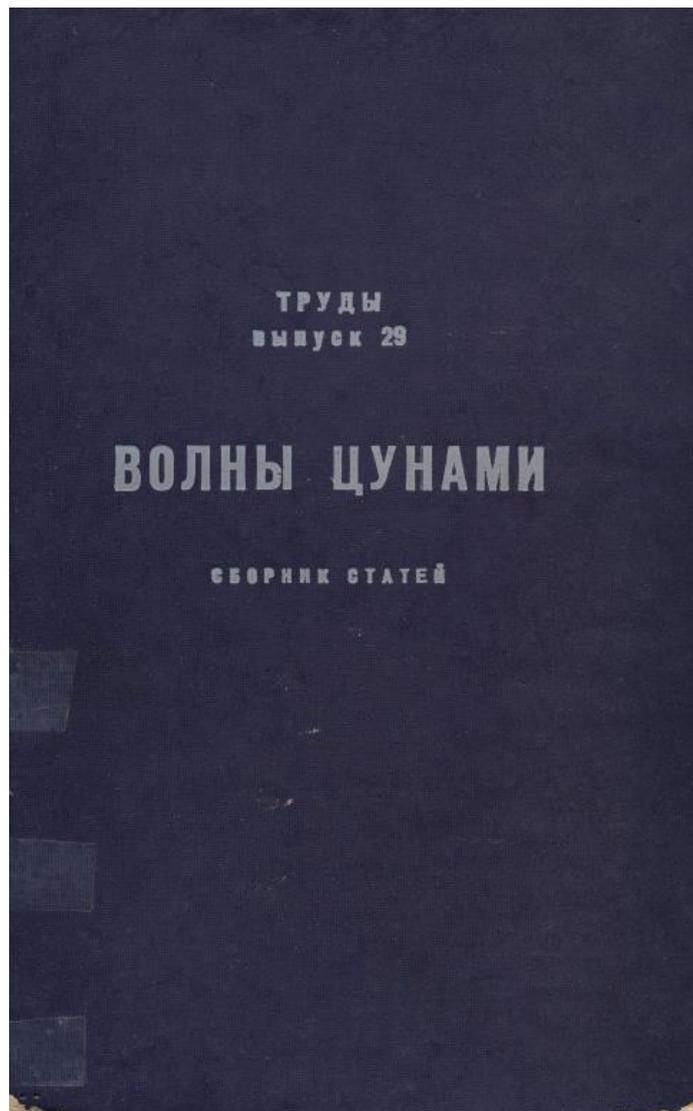
W_0/T_0 – коэффициент предупреждаемости опасных цунами.

При этом целесообразно разбить весь анализируемый период на два примерно равных интервала – с 1958 по 1983 год и с 1984 по 2009 год.

Таблица 2. Оценка эффективности работы службы предупреждения о цунами за период 1958–2009 гг.

Период	N	T	T_0	W	W_0	W/N	W_0/W	T_0/N	W_0/T_0
1958–1983гг.	67	30	15	38	10	57%	26%	22%	67%
1984–2009 гг.	34	13	8	29	7	85%	24%	23%	87%
Весь период	101	43	23	67	17	67%	25%	23%	74%

Соловьев С.Л. Повторяемость землетрясений и цунами в Тихом океане // Труды СахКНИИ. Вып.29. 1972. Р. 7-47.



шкалы. Достаточно более четко определить числовые критерии интенсивности цунами.

Наиболее катастрофические цунами генерируются протяженными сейсмическими очагами, которые, как правило, вытянуты вдоль побережья. Продольный (вдоль берега) профиль наводнения, вызванного этими цунами, имеет, грубо говоря, трапецеидальную форму, осложненную большим числом вторичных экстремумов, зависящих, в первую очередь, от особенностей рельефа океанического дна и побережья.

Разница между максимальным и средним подъемом воды иногда может быть очень значительной. Например, наибольшая, замеренная лишь в одной точке, высота подъема воды во время Камчатского цунами 1952 г. равнялась 18 м. Средняя же высота наводнения вблизи очага землетрясения и цунами, который протянулся вдоль побережья на 600 км, равнялась 7-8 м [9].

Очевидно, что средняя высота наводнения \bar{h} является более стабильной и более естественной мерой энергии и разрушительной силы цунами, чем максимальная высота h_{max} , и что разница между средним и максимальным подъемами воды может быть объяснена, прежде всего, отклонением реального побережья от идеальной прямолинейной формы. Обычно, чем длиннее побережье, тем более вероятно наличие какой-либо особой формы прибрежного рельефа, усиливающей высоту цунами. Это объясняет существование определенной эмпирической зависимости между отклонением h_{max} от \bar{h} и интенсивностью цунами (рис. 2, табл. 2).

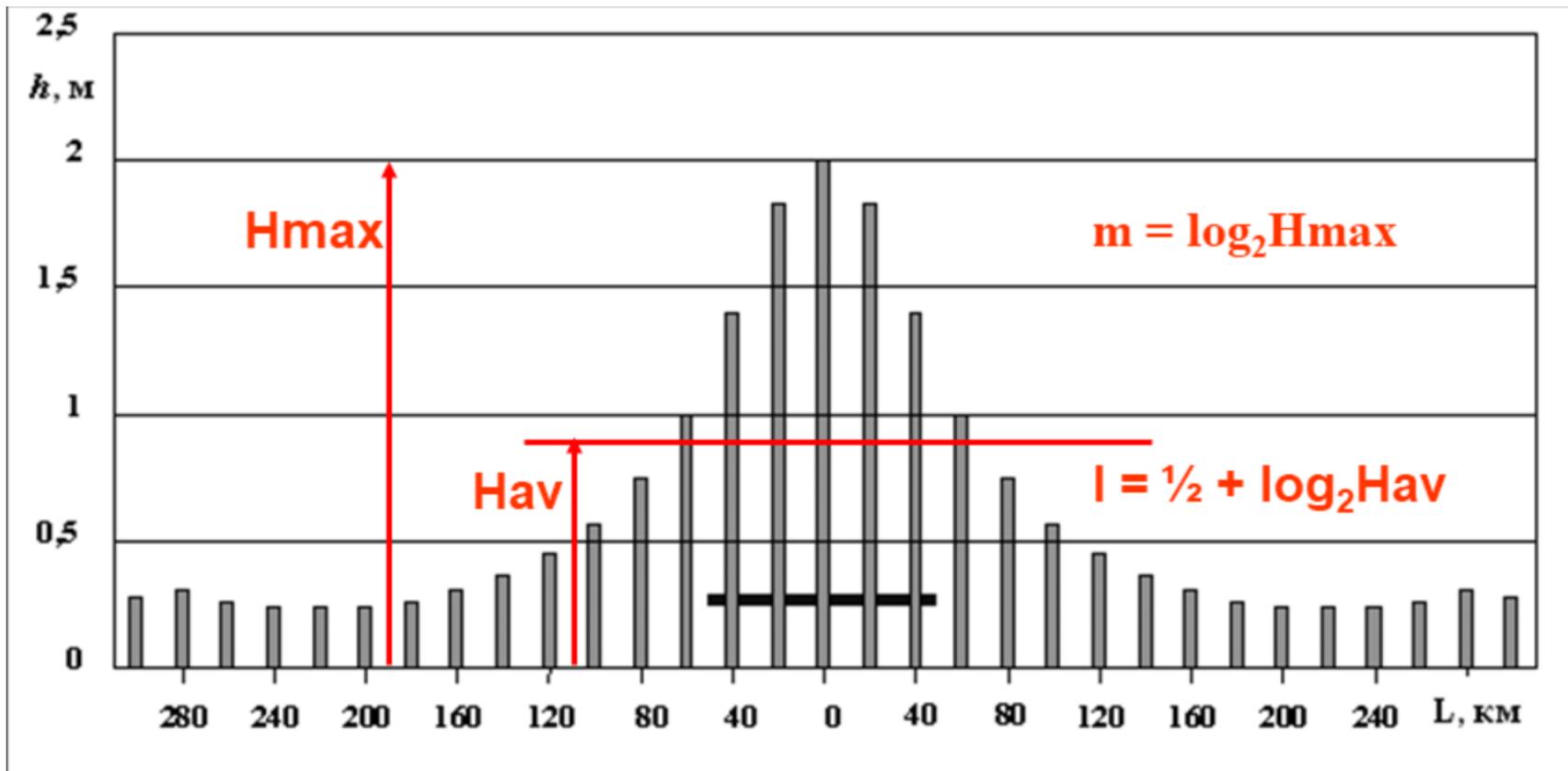
Соотношение между h_{max} и \bar{h} оказывается нелинейным даже в логарифмическом масштабе. С достаточной степенью аппроксимации оно может быть описано полиномом второй степени:

$$h_{max} \approx 1,1\bar{h} + 0,22\bar{h}^2. \quad (7)$$

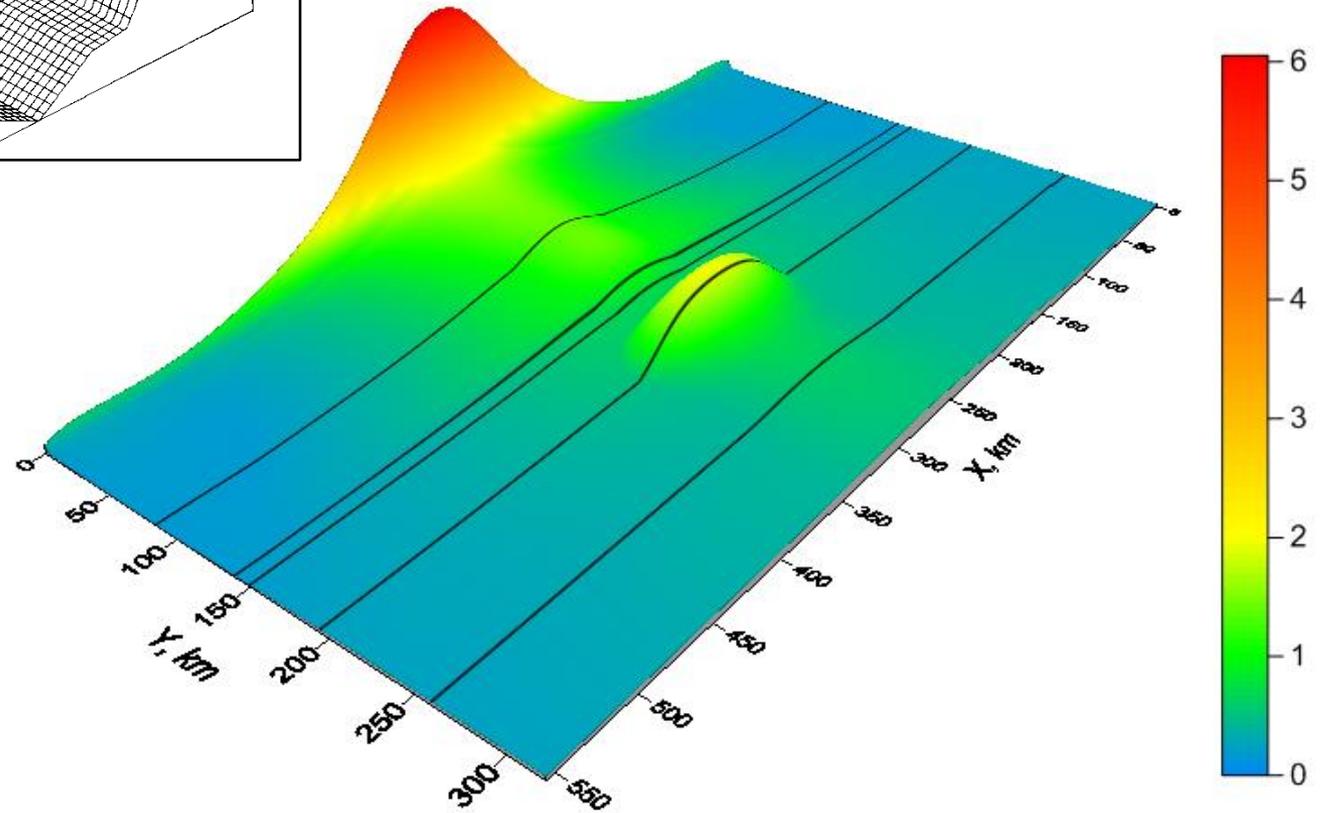
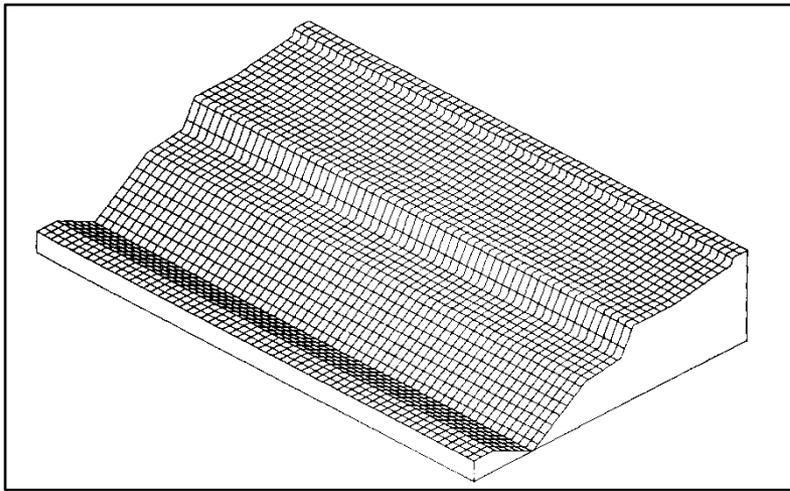
Если использовать этот результат и найти значения \bar{h} , соответствующие различным баллам шкалы Имамурса, то окажется, что зависимость $\lg \bar{h}$ от номера балла очень мало отличается от линейной. При переходе к вполне линейной зависимости получаем, с учетом возможной экстраполяции шкалы на очень слабые цунами, данные, приведенные в табл. 3. При изменении интенсивности цунами на единицу, \bar{h} меняется в 2 раза в соответствии с формулой

$$i = \log_2 \sqrt{2} \bar{h} = \frac{1}{2} + \log_2 \bar{h}. \quad (8)$$

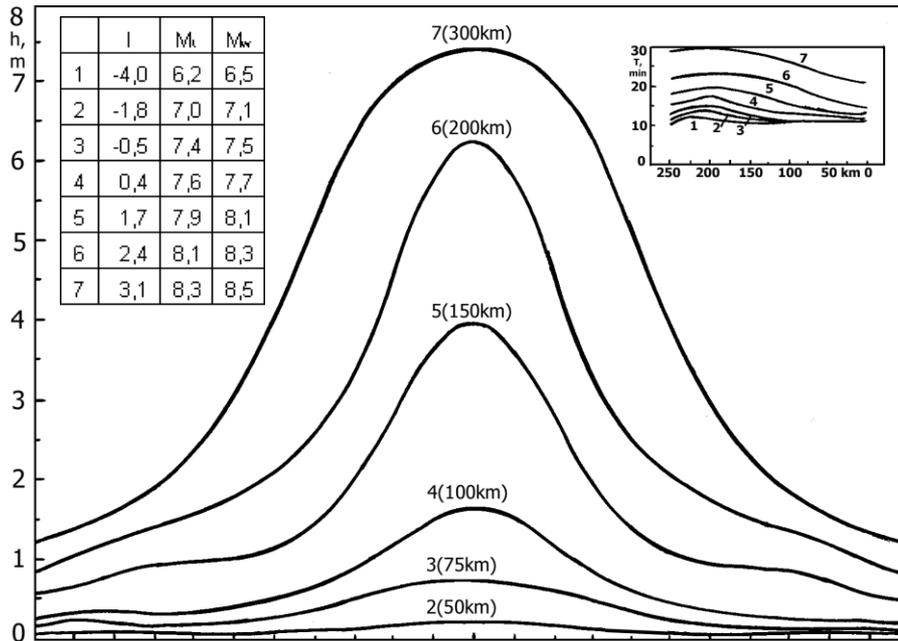
Выражение (8) можно рассматривать как формальное определение интенсивности цунами i . Однако для практического нахождения значений i часто приходится пользоваться величиной h_{max} , так как в старых описаниях цунами обычно указывается только максимальная высота подъема воды в немногих точках. Это можно сделать с помощью соотношений (7) и (8) или табл. 3.



Типичное распределение высот цунами вдоль побережья при цунамигенном землетрясении магнитуды $M_w=7.8$ с очагом на континентальном склоне



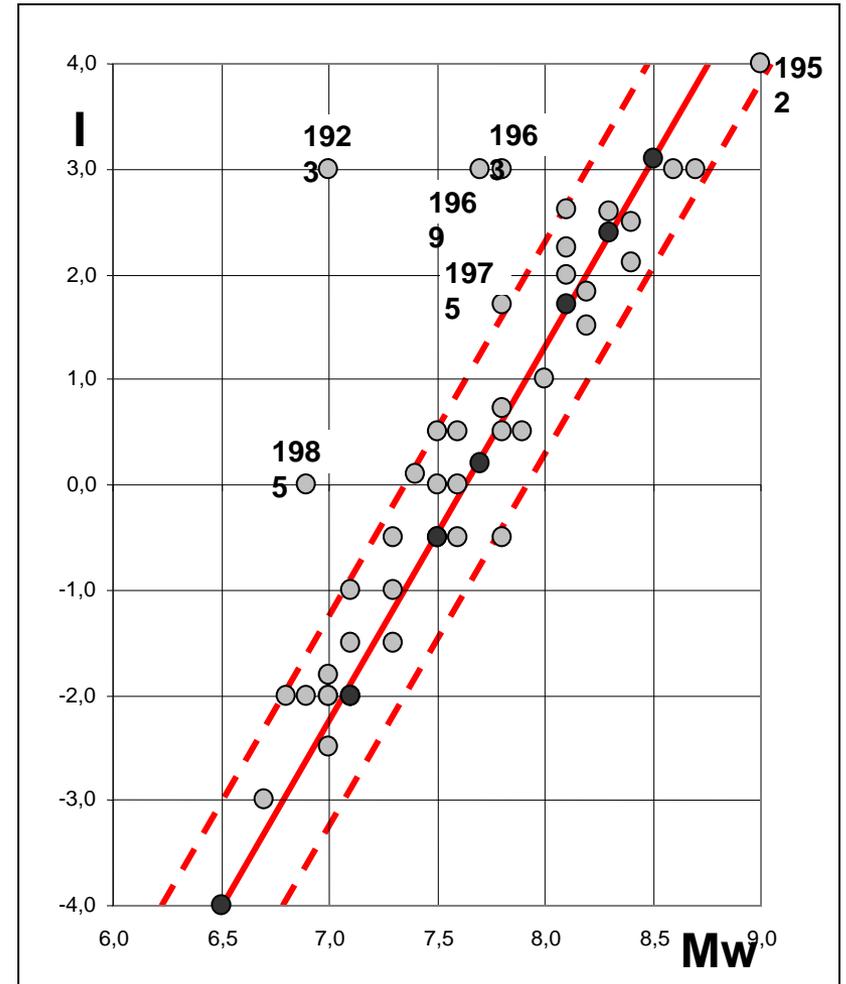
Расчетное распределение высот цунами от сейсмического источника с $M_w=7.8$ на модельном рельефе, отражающем основные морфологические особенности островодужного склона



Распределение максимальных высот волн цунами вдоль берега для источника M1 при различных значениях сейсмического момента

$$I = 3.55 M_w - 27.1$$

(Гусяков, Чубаров, 1985)



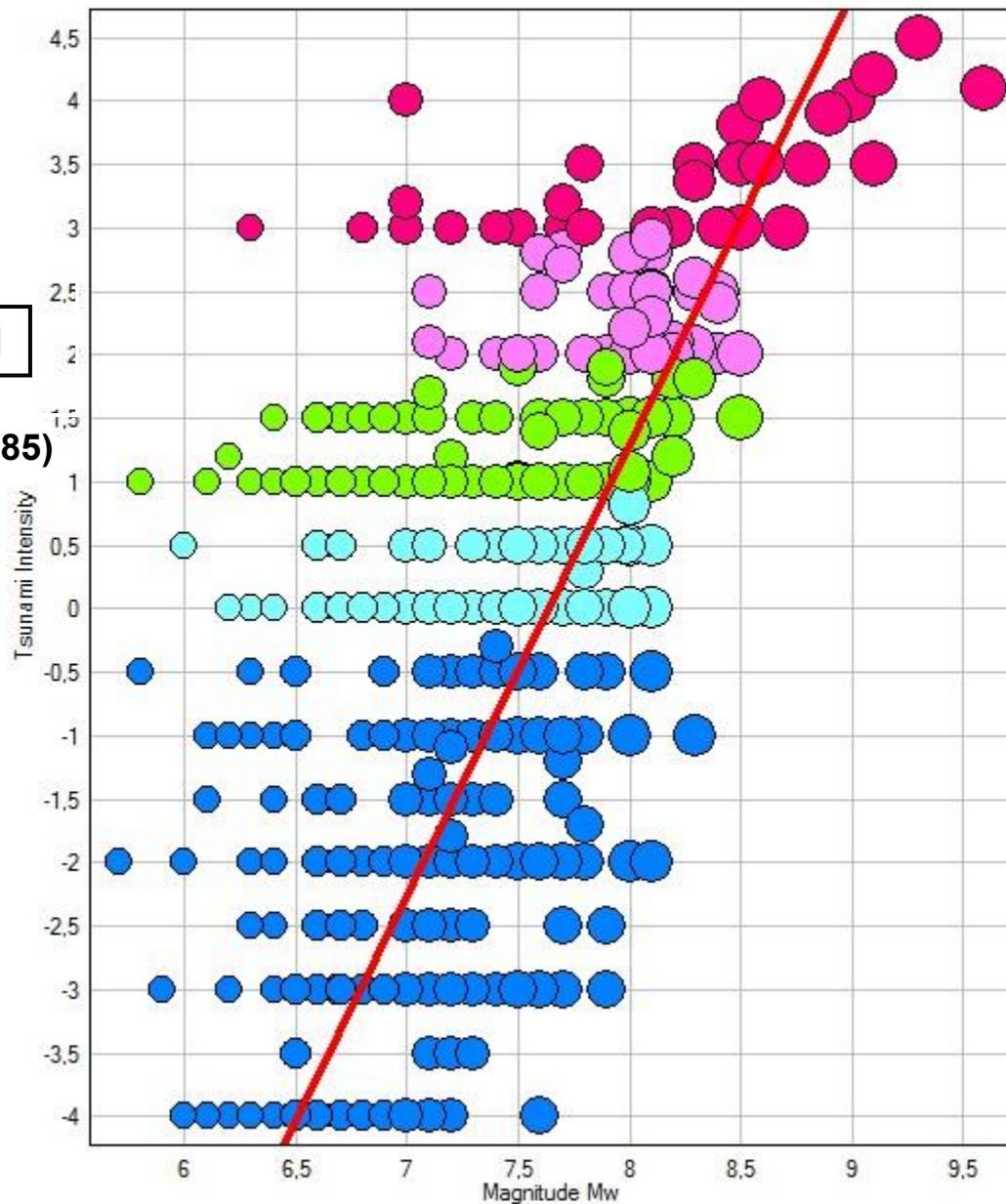
Зависимость интенсивности цунами от момент-магнитуды очага (показаны реальные данные по Курило-Камчатскому региону за 1900-2000 гг.)

$$I = \frac{1}{2} + \log_2 H_{av}$$

(Соловьев, 1972)

$$I = 3.55 M_w - 27.1$$

(Гусяков, Чубаров, 1985)



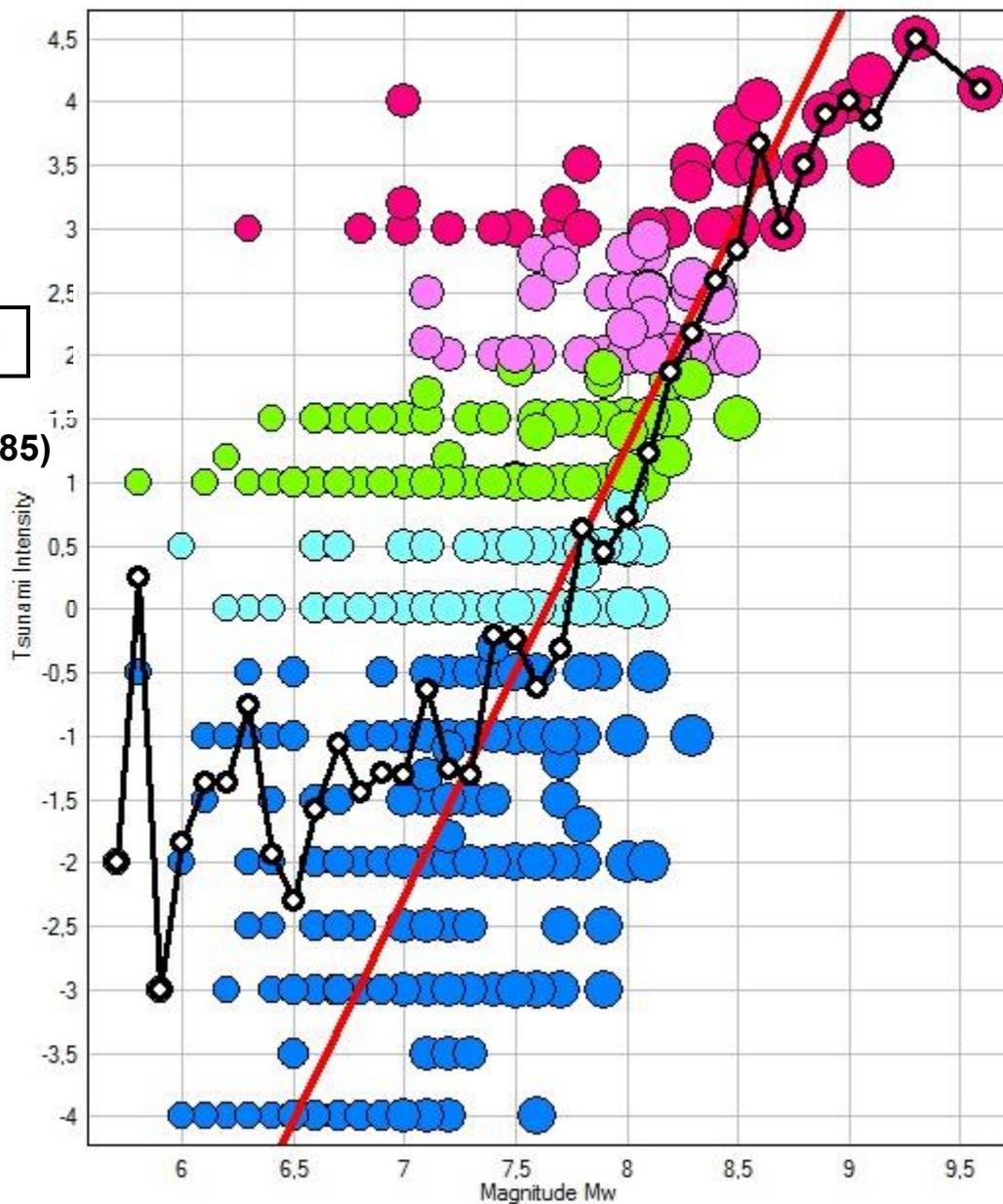
Зависимость интенсивности цунами (по шкале Соловьева-Имамуры) от магнитуды Mw для тихоокеанских подводных землетрясений за период 1900-2015 гг.

$$I = \frac{1}{2} + \log_2 H_{av}$$

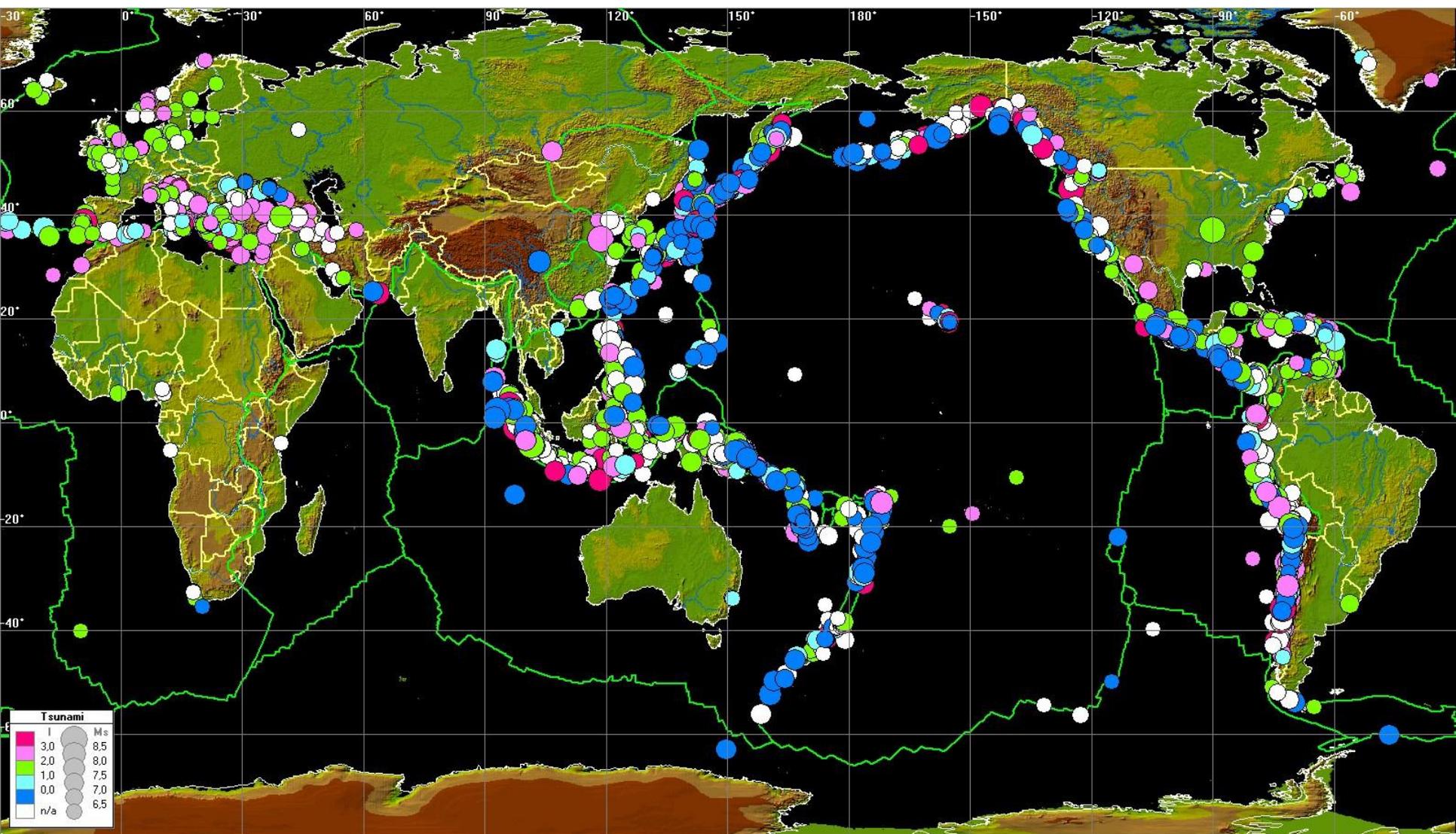
(Соловьев, 1972)

$$I = 3.55 M_w - 27.1$$

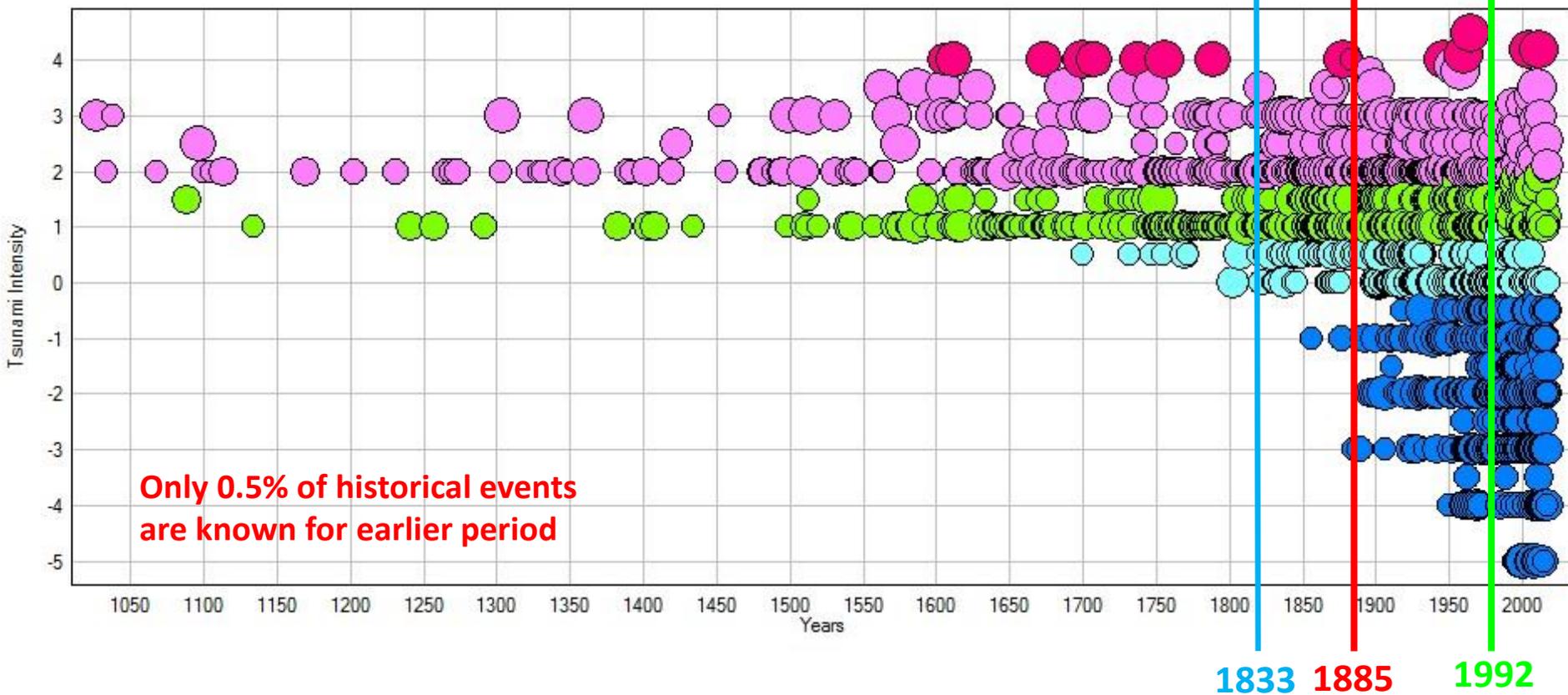
(Гусяков, Чубаров, 1985)



Зависимость интенсивности цунами (по шкале Соловьева-Имамуры) от магнитуды Mw для тихоокеанских подводных землетрясений за период 1900-2015 гг.



Карта исторически известных очагов цунами, около 2250 событий с баллом достоверности $V=1-4$, происшедших за период с 2000 ВС до 2019г.

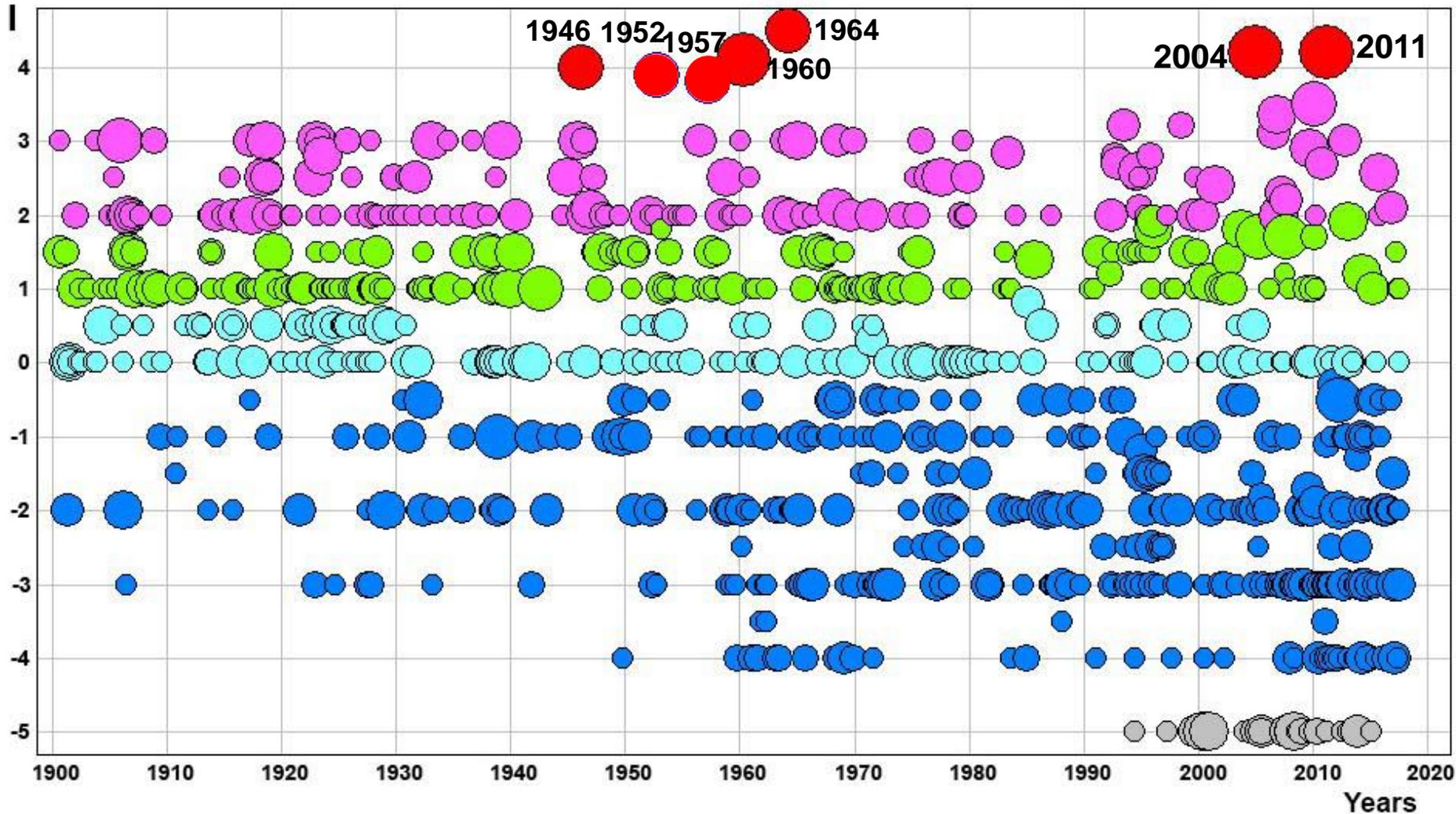


Временная развертка событий глобального каталога цунами за период с 1000 года н.э. по настоящее время. По вертикальной оси отложена интенсивность цунами по шкале Соловьева-Имамуры.

1833 год – начало инструментальных уровенных наблюдений

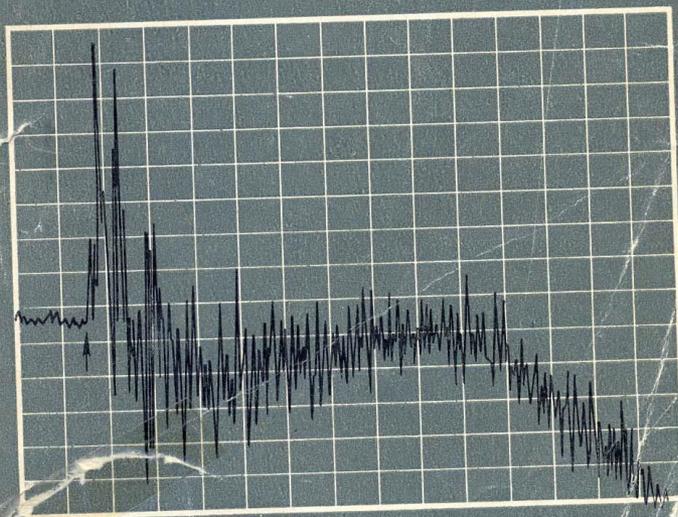
1885 год – начало инструментальных сейсмических наблюдений

1992 год – начало детальных инструментальных измерений последствий цунами



**Tsunami occurrence in the World Ocean from 1900 to 2018.
M9 trans-oceanic mega-tsunamis stay clearly out of all other events.**

ПРОБЛЕМА ЦУНАМИ



ПРОБЛЕМА ЦУНАМИ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ КАМЧАТКИ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ¹

С. Л. Соловьев

Тихоокеанское побережье СССР подвержено воздействию разнообразных стихийных бедствий, таких, например, как хорошо всем известные тайфуны, землетрясения, вулканические извержения. Однако наиболее тяжелым по своим последствиям следует считать здесь менее общеизвестные и менее изученные морские волны — наводнения «цунами», возникающие при некоторых крупных подводных землетрясениях, вулканических извержениях, оползнях и обвалах.

Наиболее опустошительным за 250-летнюю письменную историю Камчатки и Курильских островов было цунами, сопровождавшее сильнейшее Камчатское землетрясение 4.XI 1952 г. Особенно пострадал г. Северо-Курильск, расположенный на о-ве Парамушир. Приведем краткие выдержки из описания этих событий (Саваренский и др., 1958).

В ночь с 4 на 5.XI жители Северо-Курильска были разбужены землетрясением: разрушались печи, падали трубы, домашняя утварь. Через сорок минут после прекращения землетрясения послышался грохот со стороны океана и на город обрушился водяной вал, двигавшийся с большой скоростью. Через несколько минут вода отступила, унося разрушенное, и дно океана обнажилось на несколько сот метров. Через 15—20 минут на город снова надвинулась водяная стена, достигавшая 10-метровой высоты. Она практически смыла все на своем пути, оставляя от строений в лучшем случае бетонные фундаменты. Из земли были вывернуты и разбросаны по сторонам старые доты, в порту опрокинуты стенки ковша, а находившиеся там катера заброшены на сотни метров на берег.

Отразившись от окружающих город сопок, волна стала скапываться в низину, где ранее находился центр города. Здесь образовался огромный водоворот, в котором с большой скоростью вращались всевозможные обломки строений и мелкие суда. В течение нескольких минут в этом водовороте погибло много людей.

¹ Настоящий краткий обзор проблемы цунами в значительной мере отражает личные интересы и возможности, бывшие у автора. Именно, процессы возбуждения цунами рассмотрены подробнее, чем процессы распространения волн; работы японских специалистов отражены полнее, чем западно-европейские и американские публикации.



Рис. 1. Местоположение известных очагов цунами в Курило-Камчатской зоне

1, 2, 3 — контур источника цунами, вызванного подводным землетрясением; соответственно: установленный, вероятный и условный; на контуре указана дата цунами; 4 — место проявления цунами, вызванного вулканическим извержением; 5 — линия, расстояние от которой до ближайшего участка побережья цунами проходит за 15 мин; 6 — граница шельфа; 7 — ось глубоководной впадины; 8 — станции службы оповещения о цунами. Составлено С. Л. Соловьевым и Ч. Н. Го

Через несколько минут после этой, наиболее сильной, волны на опустошенное побережье нахлынула сравнительно слабая, третья, волна, оставившая после себя на берегу много обломков.

События 1952 г. застали врасплох большинство жителей. Некоторые находившиеся у о-ва Парамушир суда передавали, например, по радио сообщения о том, что остров погружается под воды океана и т. д.

Однако сущность явления очень скоро была осознана; вспомнили, что такие же волны наблюдались у Тихоокеанского побережья Камчатки и Курильских островов, а также и на других участках побережья Тихого океана, неоднократно и почти повсеместно.

Так, первый исследователь Камчатки, впоследствии академик, С. П. Крашенинников высадился в 1737 г. на Камчатке через восемь дней после катастрофического цунами, аналогичного по своим проявлениям цунами 1952 г. (см. рис 1).

Таблица 1
Цунами на побережье Камчатки и Курильских островов, отмеченные в научной литературе

Дата*	Известный район максимального прилива	Высота максимального прилива, м	i	Проявление цунами за пределами СССР	/**	Степень достоверности цунами	Источники данных
6. X 1737	Восточное побережье Камчатки к югу от м. Шипулинского, острова Шумшу и Парамушир	50	4	—	4	Установлено	Соловьев и Феррейр, 1961
XI 1742	О-в Уруп	—	1—2	—	1—2	Вероятно	То же
48. VI 1780	Камчатский залив	10—12	3	—	3	Установлено	»
4. IV 1791	Восточное побережье Камчатки от устья р. Камчатка до Авачинской бухты	—	(2)	—	(2)	Не установлено	»
42. VIII 1792	—	—	(2)	—	(2)	»	»
28. IX 1827	Вход в Авачинскую бухту	—	1—2	—	1—2	Вероятно	»
6. V 1841	Восточное побережье Камчатки от м. Шипулинского до Авачинской бухты	—	2—3	Наблюдения на Гавайских островах с $i = 0-1$	3	Установлено	»
13. IV 1843	Восточное побережье южных Курильских островов и о-в Хоккайдо	—	2—3	—	3	»	»
VI 1848	Вход в Авачинскую бухту	—	—	—	—	Не установлено	»
16. IX (X) 1849	Командорские острова	—	2	—	2	Установлено	»
XI 1853	О-в Симушир	—	2	—	2	Вероятно	»
VI 1854	О-в Шумшу	—	2	—	2	»	»
4. VI 1893	Острова Шикотан и Итуруп	1,5—3	1	—	1	Установлено	»
22. IV 1894	О-в Кунашир (пос. Южно-Курильск)	—	1—2	Очаг цунами находился у о-ва Хоккайдо, вблизи п-ва Немуро	2	»	Appelated Bibliography, № 4143, 1964
25. VI 1904	Авачинская бухта	—	(2)	—	2	Вероятно	Соловьев и Феррейр, 1961
1912	Курильские острова	—	—	—	—	Не установлено	Соловьев, 1947

* Дата цунами XVIII—XIX вв. (до 1893 г.) указана по старому стилю, отсчитываемому от нового в XVII в. на 12 дней. ** Жирным шрифтом указывается наиболее вероятное целое значение интенсивности цунами.

ника, т. е. опускания, а не поднятия дна, форма волны сохраняется, но знак возвышения воды также меняется на обратный, т. е. сначала распространяется ложбина, а затем постепенно выходящий гребень.

Произведя аналогичные расчеты для деформируемого кругового участка дна с n подальними линиями, вертикальное смещение χ которого описывается формулой

$$\begin{aligned} \chi(r, \varphi) &= Z \cos n\varphi, & r < R, \\ \chi(r, \varphi) &= 0, & r > R, \end{aligned} \quad (14)$$

где r, φ — цилиндрические координаты, Такахаси получил (Takahasi, 1945), что в данном случае из источника выходит уединенная волна, состоящая из $n + 2$ гребней и ложбин.

Сопоставление рис. 3 и 4 показывает, что точное значение ξ по (13) отличается от значения, полученного в приближении длинных волн, появлением короткопериодных осцилляций как на гребне, так особенно на хвостовой части волны. Однако амплитуда этих колебаний невелика (в хвостовой части возвышение почти нигде не превышает невозмущенный уровень воды), так что практически приближение длинных волн оказывается вполне пригодным для описания вблизи источника основных черт цунами,

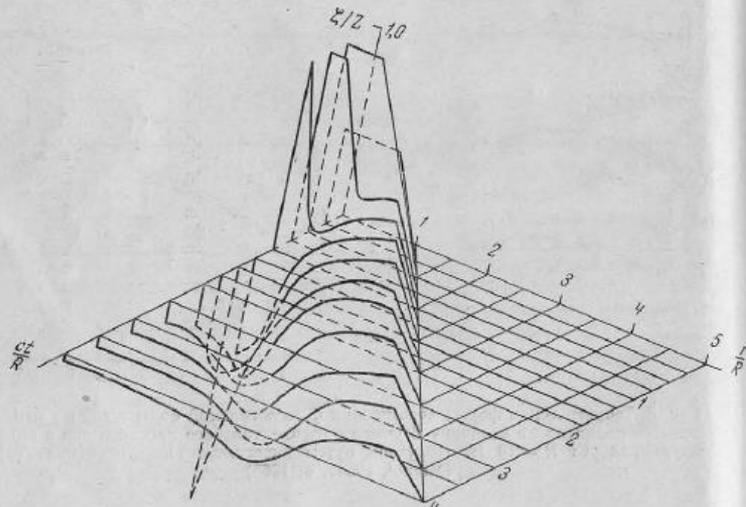


Рис. 4. Форма возвышения ξ воды в случае однородной деформации Z кругового участка дна радиуса R . Деформация осуществлена равномерно за время $t_0 = R/2$ с. Решение найдено в приближении длинных волн (Takahasi, 1942)

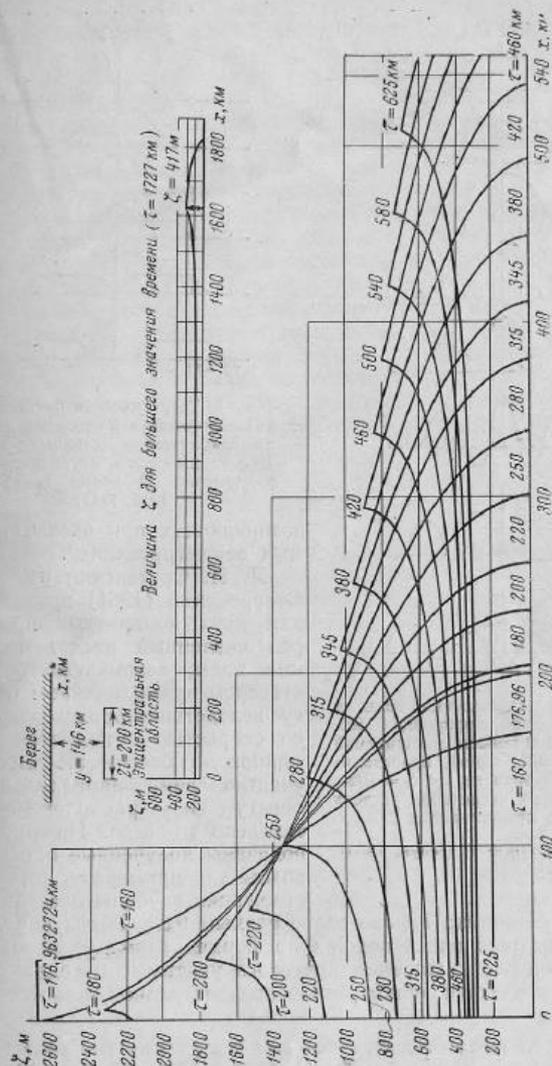


Рис. 5. Теоретическая форма возвышения воды на отвесном прямом берегу вызванного подниманием параллельной берегу линии длиной $2l$ на величину $t_0/gH = 0,858$; $H = 3000$ м; $\tau = t/gH$ (Сретенский, Ставровский, 1961)

В 1958—1965 гг. советская служба 13 раз подавала предупреждения о возможности сильного цунами (табл. 4). В процессе работы службы выявилось много организационных, технических и методических недостатков, которые постепенно преодолевались и преодолелись. В целом же итоги деятельности службы можно считать удовлетворительными.

Вместе с тем совершенно недостаточной представляется принципиальная основа службы. Даваемый сейчас оперативный прогноз цунами вынужденно носит статистический характер. Далеко

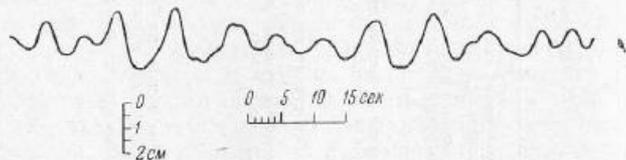


Рис. 24. Пример записи ветрового волнения силой 1,5—2 балла в районе о-ва Шикотан с помощью дистанционного датчика уровня системы В. М. Жака.

Запись произведена 21.X 1965 г. Использовался осциллограф ОСБ-6 с зеркальным гальванометром ГВ-3

не всякое сильное землетрясение с очагом в районе глубоководной Курило-Камчатской впадины вызывает разрушительные цунами. В связи с этим оправдываемость прогнозов невелика (около 20%). Каждая ложная тревога цунами в тяжелых природных условиях Камчатки и Курильских островов является крайне нежелательным событием. Ведущая сейчас в СахКНИИ разработка оперативных методов оценки глубины и некоторых других параметров очага землетрясения с целью их использования в службе предупреждения, возможно, повысит оправдываемость прогнозов, но не устранил их статистического характера.

Между тем, по-видимому, вполне возможен другой путь оперативного прогноза цунами. Тихоокеанское побережье страны заселено крайне неравномерно, причем в последнее время концентрация населения в немногих крупных пунктах, взамен его равномерного расселения по побережью в мелких поселениях, все усиливается. Угрозе цунами подвержены прежде всего следующие города и поселки: Никольское, Усть-Камчатск, Северо-Курильск, Буревестник, Малокурильск (вместе с Крабовозводском). Если бы удалось наладить надежное и своевременное оповещение жителей этих пяти пунктов о приближении цунами, проблему краткосрочного прогноза цунами можно было бы считать в основном решенной. Перечисленные пункты открыты со стороны океана довольно протяженным шельфом, который преодолевается цунами за время порядка 15 мин. Если бы на краю шельфа или несколько

далее от берега были поставлены датчики уровня океана, связанные с поселками подводным кабелем или по радио, прогноз цунами давался бы вполне однозначно и с не меньшей степенью заблаговременности, чем по сейсмическим данным. Технически осуществление подобных установок, по-видимому, не представляет серьезных трудностей. На рис. 24 в качестве примера приведена копия записи ветрового волнения силой 1,5 балла вблизи о-ва Шикотан, полученной на научно-исследовательской цунами-станции СахКНИИ с помощью укрепленного на конце подводного кабеля длиной 4 км датчика системы сотрудника СахКНИИ В. М. Жака.

Предлагаемая система из четырех-пяти дистанционных мареографов, в дополнение к максимально усовершенствованной существующей системе оперативного прогноза по сейсмическим данным и в сочетании с прямыми защитными мерами и усилением разъяснительной работы среди населения, позволит полностью гарантировать безопасность жителей Тихоокеанского побережья страны при новых сильных цунами.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверьянова В. Н., Федотов С. А., Ферчев М. Д. Предварительные данные о землетрясении и цунами 6 ноября 1958 г.—Бюлл. Совета сейсмологии АН СССР, № 9, 1961.
- Бреховских Л. М. О цунами и наблюдениях над сверхдальним распространением звука в океане.—Бюлл. Совета сейсмологии АН СССР, № 2, 1956.
- Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. Изд-во АН СССР, 1957.
- Бровиков И. С. Изменение элементов воли при их выходе на мелководье.—Труды Гос. океаногр. ин-та, вып. 50, 1960.
- Варченко А. И. Применение метода «тройной станции» для определения азимута цунамигенных землетрясений.—Труды СахКНИИ СО АН СССР, вып. 12, 1962.
- Газарян Ю. Л. О поверхностных волнах в океане, возбуждаемых подводными землетрясениями.—Акуст. ж., I, вып. 3, 1955.
- Гарипов Р. М. Неустойчивые волны над подводным хребтом.—ДАН СССР, 161, № 3, 1965.
- Иконникова Л. Н. Предельно большие цунами у советского побережья Тихого океана.—Труды Дальневосточного н.-и. гидрометеорологического ин-та, вып. 17, 1964.
- Каплин П. А., Ионин А. С. Некоторые особенности рельефа побережья Курило-Камчатской зоны в связи с проблемой цунами.—Бюлл. Совета сейсмологии АН СССР, № 9, 1961.
- Кирнос Д. П., Рыков А. В. Специальная быстродействующая сейсмическая аппаратура для оповещения о цунами.—Бюлл. Совета сейсмологии АН СССР, № 9, 1961.
- Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика, ч. I. Физматгиз, 1963.
- Очаповский Б. Л. Об организации на Дальнем Востоке специализированных станций службы цунами.—Бюлл. Совета сейсмологии АН СССР, № 9, 1961.
- Поникаров Н., Чумаков В. Цунами и ядерный взрыв. Военные знания, № 10, 1964.

Shikotan earthquake (M_w 7.1) and tsunami of 23 February 1980

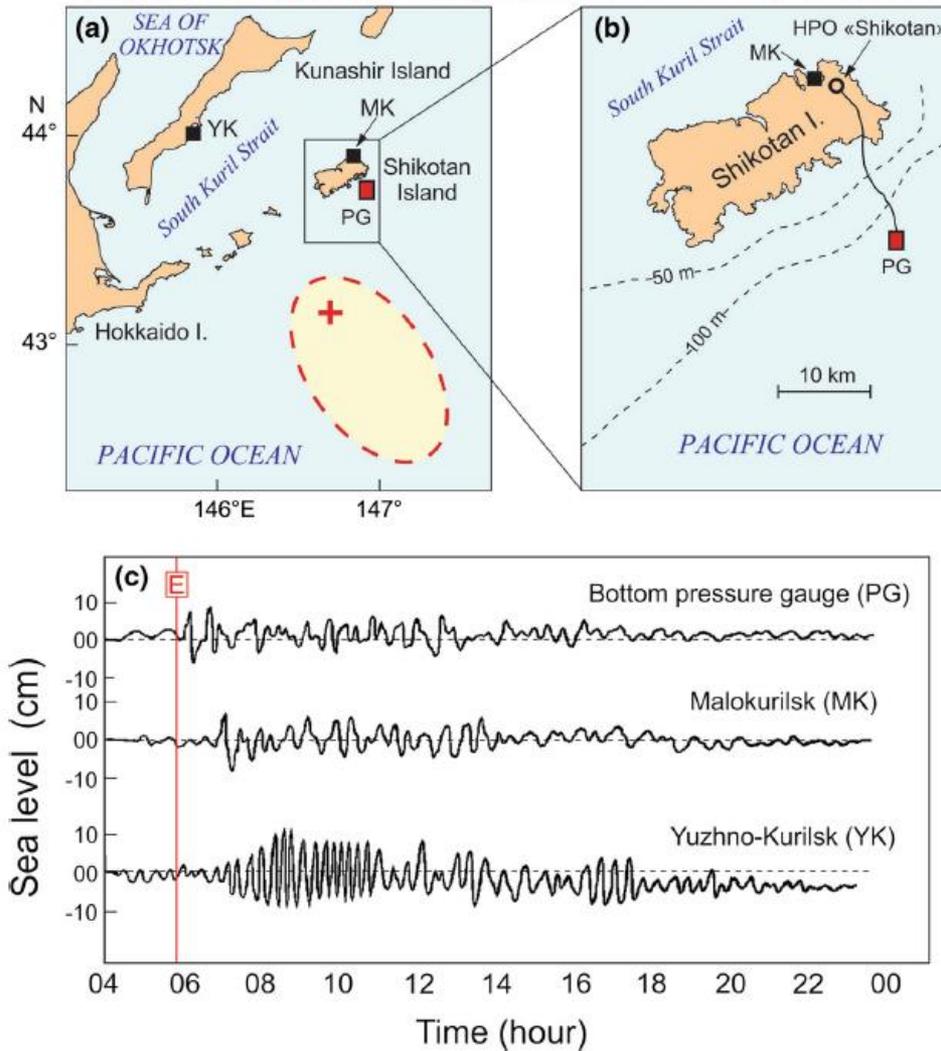
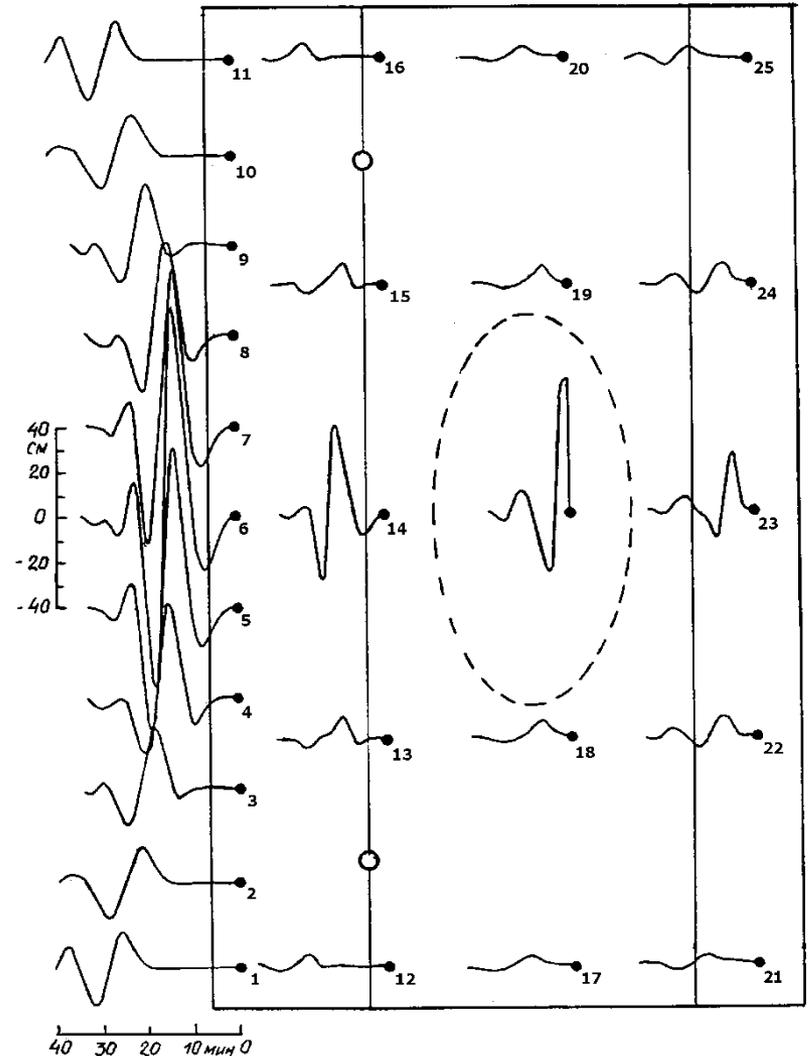
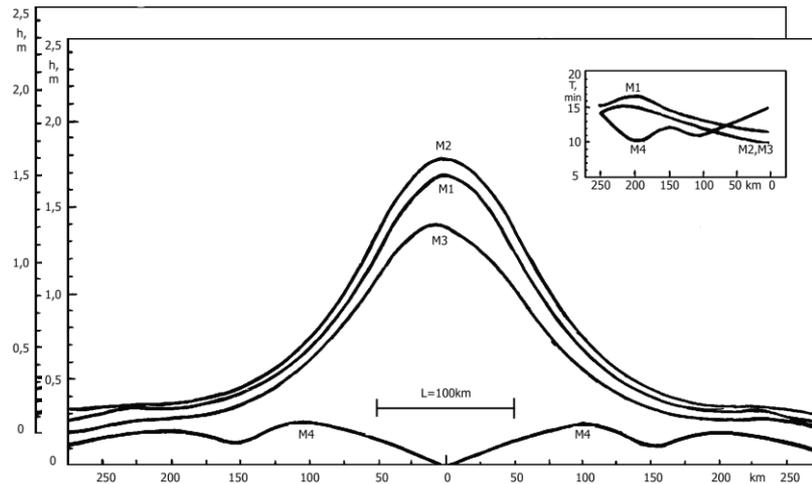
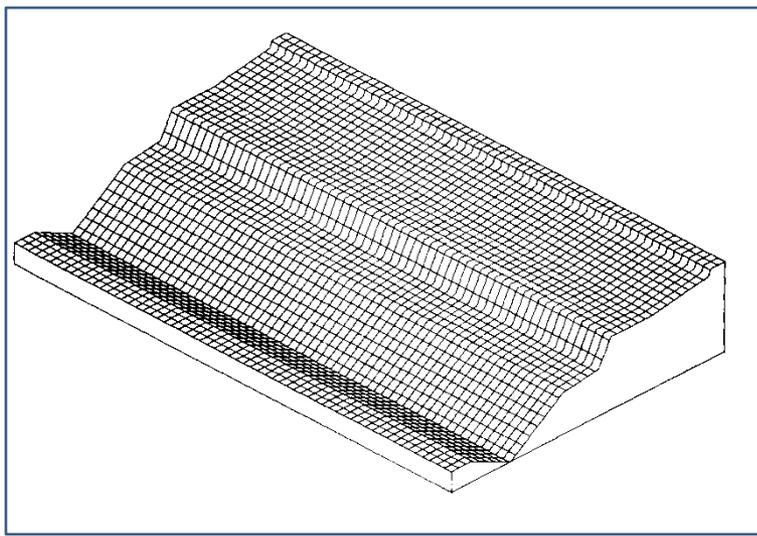


Figure 2

Первая в СССР донная регистрация цунами (23.02.1980г., $M_w=7.1$) в области его зарождения (на Южных Курилах)

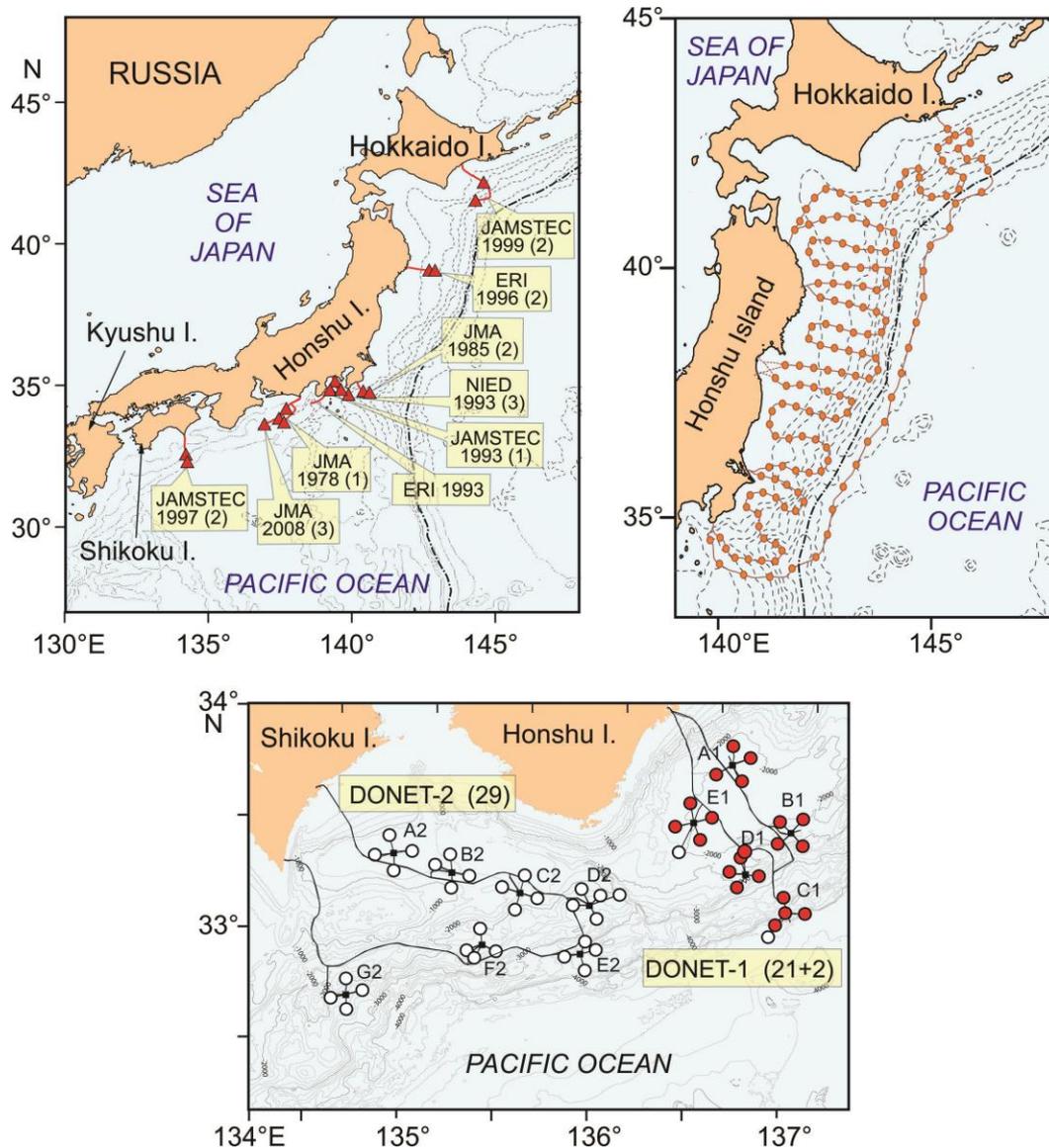


Июнь 1972 года. Президент АН СССР академик М.В.Келдыш во время визита на Сахалин и о-в Шикотан.



Расчетные мареограммы цунами в береговых и морских точках для источника типа пологого надвига. Расчет на модельном рельефе Курило-Камчатской зоны. Пунктиром показана область задания начальных смещений в источнике цунами.

В полной мере идея С.Л.Соловьева о гидрофизическом прогнозе региональных цунами была реализована в Японии только в 2010-х годах, т.е спустя почти полвека, путем развертывания кабельной сети DONET.



В замкнутой Малокурульской бухте раскочка носила, по-видимому, резонансный характер, в то время как в клинообразной Крабовой бухте происходило увеличение прилива от ее устья к вершине за счет постепенного сужения поперечника бухты.

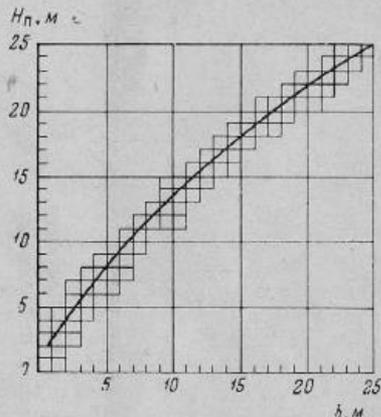


Рис. 22. Соотношение между высотой цунами у побережья (h) и глубиной потока на суше (H_n) (Поникаров, Чумаков, 1964)

Таким образом, проблема гашения колебаний, возбуждаемых волнами цунами в бухтах, является весьма сложной. В одних случаях следует стремиться к максимальному закрытию входа в бухту, в других — наоборот, к раскрытию входа.

Разрушительное воздействие цунами на суше сводится к: 1) гидростатическому подъему легких предметов (крыш, деревянных зданий, деревянных мостов, пиломатериалов и т. д.); 2) гидродинамическому воздействию воды и 3) механическому удару находящихся в воде предметов как плавающих, так и волочущихся по дну.

Граница зоны затопления зависит от параметров цунами и характера прибрежного рельефа. Как отмечалось, вблизи

Таблица 3

Ширина полосы затопления (B , км) в зависимости от геометрического уклона берега (i_0) и начальной глубины потока (H_n) [по Н. Поникарову и В. Чумакову (1964)]

i_0 , тысячные	H_n , м					
	1	5	10	15	20	25
1	1,6	3,8	7,0	12,8	18,2	21,8
5	0,5	1,0	1,6	3,0	4,0	5,0
10	0,3	0,5	0,9	1,5	2,0	2,5
15	0,2	0,4	0,6	1,0	1,4	1,7

побережья и особенно на берегу сильное цунами в течение небольших промежутков времени можно рассматривать в качестве неравномерного гидравлического потока. На рис. 22 дается примерное соответствие между высотой цунами у уреза воды (высота морской волны равна перепаду уровня между ее гребнем и ложбиной) и глубиной потока, а в табл. 3 — соотношение между глубиной потока и шириной зоны затопления, полученные для короткопериодных цунами, возбуждаемых подводными ядерными взрывами (Поникаров, Чумаков, 1964).

Сила удара неоднородного водного потока пропорциональна $H_n u_n^2$, т. е. произведению глубины потока на квадрат его скорости. Согласно исследованиям Т. Хатори (Hatori, 1964), процент P_p разрушаемых волнами цунами строений пропорционален квадратному корню из силы удара потока, а именно

$$P_p = 9 \sqrt{H_n u_n}. \quad (34)$$

При этом скорость потока u_n определялась по формуле

$$u_n = \frac{1}{n} H_n^{0,7} i^{0,5}, \quad (35)$$

где i — угол наклона водной поверхности, а n — коэффициент шероховатости. Последний по данным о зоне затопления в Токио во время одного из сильных тайфунов 1947 г. был оценен Т. Хатори (Hatori, 1963б) в 0,023 для застроенных районов и в 0,012, т. е. в два раза меньше, для незастроенных и безлесных районов.

Величина P_p находилась по следующей формуле:

$$P_p = \frac{a + b + c/2}{a + b + c + d}.$$

Здесь a , b , c и d , соответственно, числа: полностью смытых; полностью разрушенных, но не смытых; полуразрушенных; затопленных, но не разрушенных домов.

Кратко охарактеризованные выше основные закономерности возникновения и распространения цунами предопределяют возможные пути борьбы с этим грозным стихийным бедствием. Очевидно, что уничтожить причины возникновения цунами нельзя, так как для этого в конечном счете пришлось бы остановить тектоническую эволюцию Земли. Можно лишь: 1) произвести цунамирайонирование побережья, т. е. определить вероятность прилива различной высоты для каждой точки с тем, чтобы по возможности не застраивать затопляемую зону; 2) наладить оперативную службу заблаговременного предупреждения о цунами.

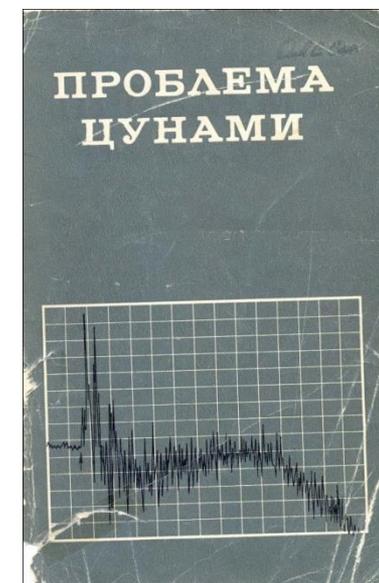
Для проведения цунамирайонирования Тихоокеанского побережья СССР необходимо было бы: 1) оценить, по сейсмологическим данным, вероятность вертикальных подвижек разной интенсивности и разной протяженности во всех точках дна Тихого

Многочисленные работы по цунамирайонированию, выполненные в СССР/РФ. можно разделить на две примерно равные группы, которые могут быть условно названы **историко-вероятностным и детерминированным.**

Историко-вероятностный подход базируется на обработке имеющихся исторических данных о проявлениях всех цунами, включая слабые, на исследуемом участке побережья с целью нахождения закона повторяемости высот в данном пункте и определения на этой основе вероятности превышения некоторой заданной высоты в будущем (Бернштейн и др., 1973; Го, 1987; Го, Иванов, Кайстренко, Седаева, Симонов, 1990; Го, Кайстренко, Симонов, 1982, 1983, 1984; Го, Кайстренко, Пелиновский, 1984; Го, Симонов, 1981; Кайстренко, 1990; Соловьев, Тулупов, 1981; Храмушин, Шевченко, 1994).; Го, Кайстренко, Пелиновский Симонов, 1988; Kaistrenko, 1990, Храмушин, Шевченко, 1994, Кайстренко, Иващенко, Храмушин, Золотухин, 2009; Кайстренко, Храмушин, Золотухин, 2013)

Детерминированный подход – использование численных моделей для сценарных расчетов распространения цунами для одного или нескольких гипотетических источников (Атлас максимальных заплесков... ,1978; Бернштейн, 1983; Васильев, 1984а, 1984б; Вялых и др., 1984; Иконникова,1965; Иванов, Ярошеня, 1976); Иконникова, Ярошеня, 1976; Карев и др., 1990; Пелиновский, Плинк, 1980; Соловьев и др., 1977; Щетников и др., 1981, Доценко , 2009).

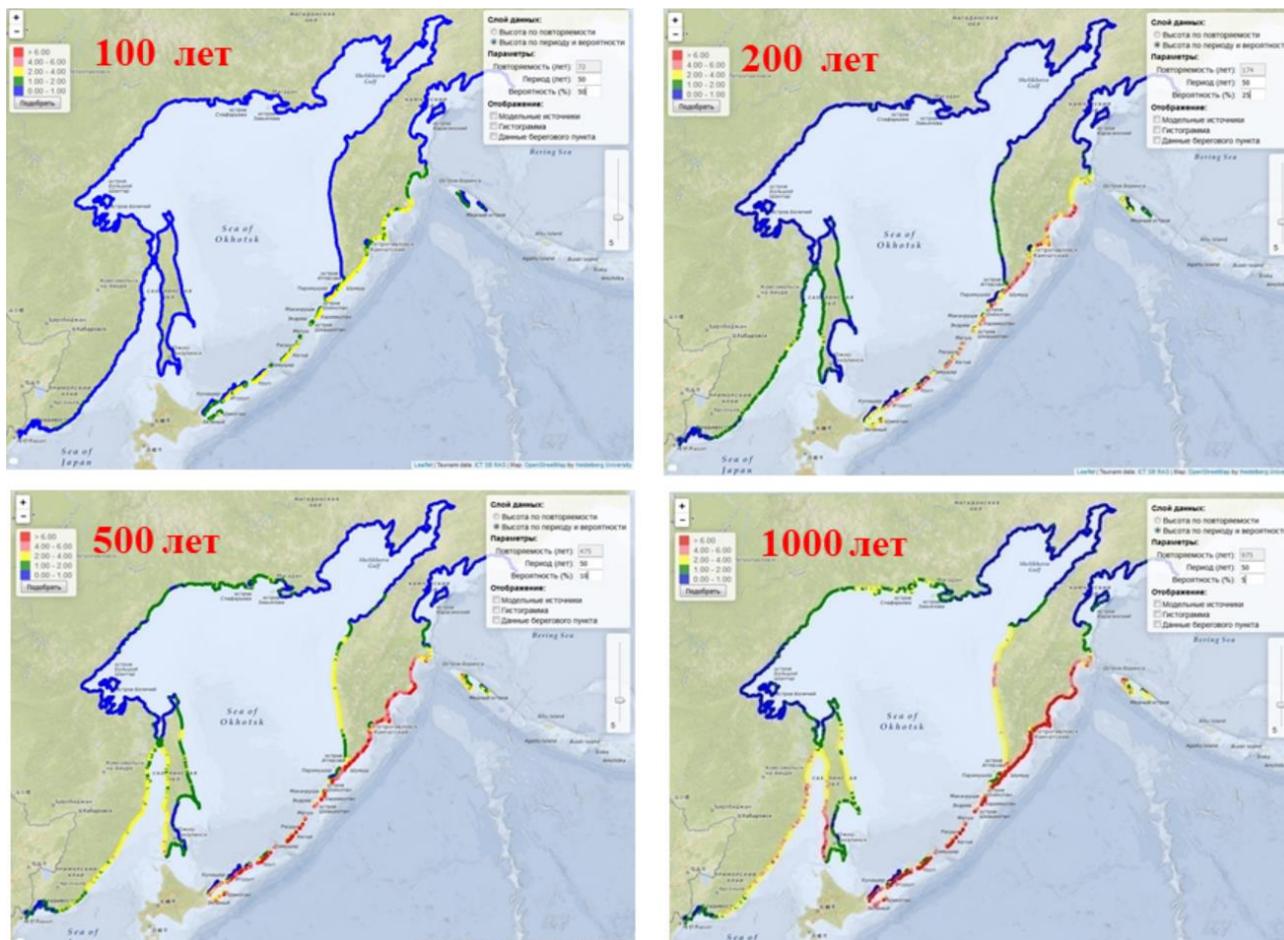
Между тем, еще в 1968 году С.Л.Соловьевым (Соловьев, 1968) был указан новый подход к решению задачи цунамирайонирования, по сути предваряющий метод “сейсмотектонического пробабиллизма” – РТНА (Gonzalez et al., 2006). Это было сделано одновременно и, по-видимому, независимо, от работы (Cornell, 1968), заложившей основы метода PSHA.



Основные элементы предложенного С.Л.Соловьевым подхода:

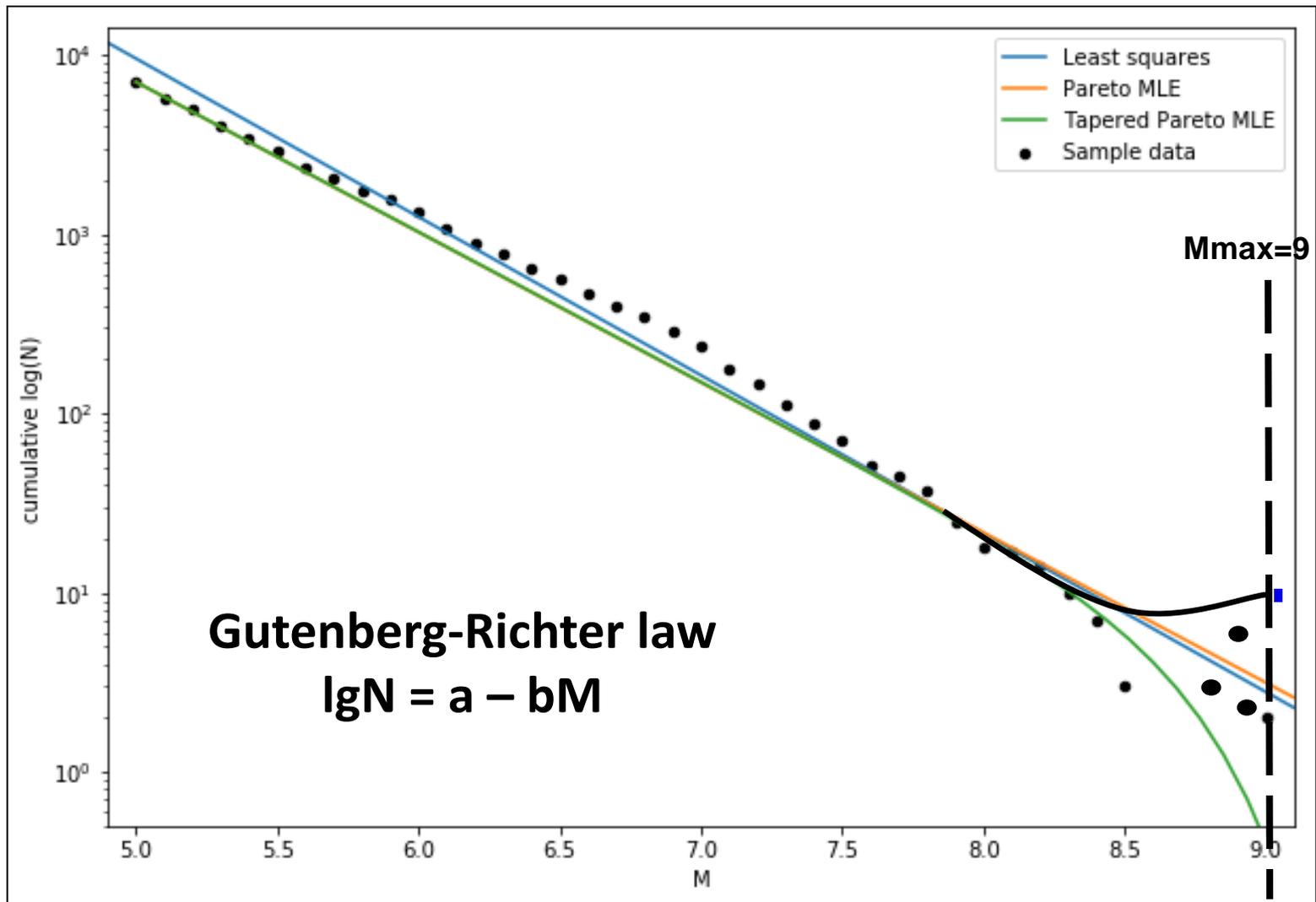
- (1) оценка по сейсмологическим данным **вероятности** вертикальных подвижек разной интенсивности во всех точках Курило-Камчатской сейсмогенной зоны;
- (2) пересчет деформаций дна в деформацию поверхности океана;
- (3) переход, путем построения рефракционных диаграмм, от вероятностных характеристик подъема воды в зоне источника к вероятностной характеристике высоты цунами на некоторой **близкой к побережью изобате**;
- (4) нахождение, с учетом особенностей прибрежного рельефа, вероятностных характеристик высоты подъема воды на урезе и **ширину зоны затопления** (фактически, это уже этап микрорайонирования).

В силу различных причин, данная методика цунамирайонирования, получившая позднее название РТНА (Probabilistic Tsunami Hazard Assessment), для Дальневосточного побережья РФ была реализована только спустя почти 50 лет.



Карты цунамиопасности Дальневосточного побережья РФ на интервалы повторяемости 100, 200, 500 и 1000 лет, показывающие высоты волн с ожидаемой вероятностью превышения 5, 10, 25 и 50% в течение 50 лет.

Шокин Ю.И., Гусяков В.К., Кихтенко В.А., Чубаров Л.Б. Методика построения карт цунамиопасности и ее реализация для Дальневосточного побережья Российской Федерации // ДАН, 2019, Т.489, №4, 419-425



Закон повторяемости землетрясений (закон Гутенберга-Рихтера) для Курило-Камчатской зоны. Черными точками показано число событий сейсмического каталога за 1700 - 2015гг. с магнитудой $M > M_i$. Сплошные линии - его возможные аппроксимации.

С самого начала землетрясения, при штормовом ветре, внезапно поднялась зыбь, высота волн равнялась 13 метрам.
(Меняйлов, 1936, с.11)



Рис. 21. Подход цунами 13.XI 1936 г. к косе у г. Усть-Камчатска
Фото директора Дальневосточного отделения Морниипроекта Н. А. Баландина

Подход цунами 13.11.1936г. к косе у г.Усть-Камчатска. Фото из статьи Соловьев С.Л. Проблема цунами и ее значение для Камчатки и Курильских островов // Проблема цунами. 1968, с.7-50.

Параметры землетрясения, по данным современного каталога ISC-GEM:
13.11.1936, 12:31:33 UTC, **23:31 LT**, Mw=7.2, h=20 km

Соловьев С.Л. Санах-Кадьякское цунами 1788г. // Проблема цунами. 1968. Р. 232-237.

САНАХ-КАДЬЯКСКОЕ ЦУНАМИ 1788 г.

С. Л. Соловьев

В 1799—1867 гг. русскими владениями в Америке, на Курильских и Алеутских островах распоряжалась Российско-Американская компания. Документы, относящиеся к созданию и деятельности компании, в значительной мере утеряны, но ряд материалов сохранился в архивах страны. При просмотре этих материалов в связи с составлением каталога цунами в СССР (Соловьев и Фердичев, 1961) автором было встречено неопубликованное и, по-видимому, неизвестное ранее описание цунами 1788 г. на Алеутских островах.

Найденное описание существенно обогащает имевшиеся в сейсмологической литературе данные об этом цунами и предшествовавшем ему землетрясении, позволяя продвинуть далеко на восток границу области их проявления и тем самым давая возможность более уверенно оценить размеры явлений.

Опубликованные ранее сведения о цунами 1788 г. содержатся в некоторых русских и американских каталогах (Мушкетов и Орлов, 1893; Неск, 1947).

Первоисточником для каталога Мушкетова и Орлова послужила монография русского миссионера И. Вениаминова, прожившего на Алеутских островах с 1824 по 1839 г. и подробно описавшего участок гряды, с островов Четырехсочных по западную половину п-ова Аляска включительно (Вениаминов, 1840). Ознакомление с монографией показывает, что Мушкетов и Орлов заимствовали из нее далеко не все материалы о цунами 1788 г.

Более полная сводка данных Вениаминова приводится ниже (положение упоминаемых в текстах островов см. на рисунке).

«...В одной виденной мною записке сказано, что в 1788 году 11 июля... на Унге было столь сильное землетрясение, что на ногах нельзя было стоять, и многие горы рассыпались, и после сего случая несколько времени было ужасное наводнение» (Цит. соч., ч. I, стр. 30).

«...Предание алеутов ...говорит, что при наводнении, бывшем на Санахе около 1790 года, вода проходила сильными и редкими валами. Сверх того я видел заметку на одной церковной кни-

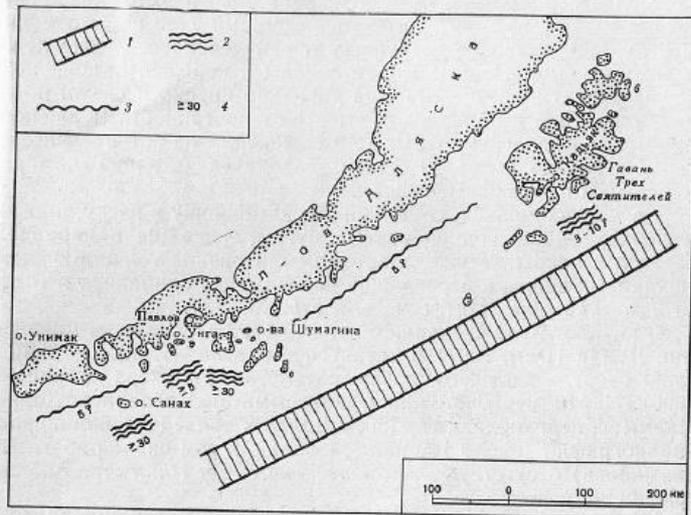


Схема землетрясения и цунами 1788 г.

1 — предполагаемое положение очага землетрясения; 2 — достоверно известные места проявления цунами; 3 — вероятные места проявления цунами; 4 — ориентировочная высота цунами (в м)

ге, написанную старинным почерком, в которой сказано, что «в 1788 году 27 июля было ужаснейшее наводнение на острове Унге, от чего погибло много алеутов, а русских бог миловал, и старики говорят, что (в это или другое время) вода возвышалась до 50 сажен...» (Цит. соч., ч. I, стр. 27).

«Наводнение, бывшее на Санахе около 1788 года, было и здесь¹, но гораздо менее» (Цит. соч., ч. I, стр. 242).

«Потоп или наводнение, бывшее на Унге и на южной стороне Аляксы в 1788 году, на северной стороне Уника не имело никакого влияния» (Цит. соч., ч. I, стр. 217).

Помимо этих мест, прямо относящихся к цунами 1788 г., в главе, посвященной наводнениям на Алеутских островах, Вениаминов указывает ряд признаков недавнего резкого поднятия суши на южной стороне полуострова Аляска («Алякса» — в орфографии того времени) и прилегающих островах, или же —

¹ В поселении Павлове (см. рисунок).

*Первая советско-американская встреча экспертов по цунами,
Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, сентябрь 1976 г.*



В центре – С.Л.Соловьев, директор СахКНИИ, академик Г.И.Марчук, директор ВЦ СО АН СССР, К.Иоганнессон, зам.директора НСП США.



Члены совместной советско-американской экспедиции 1978 года на НИС «Валентин Урываев». Фото А.Харламова



Участники международного симпозиума по цунами в г.Веллингтон (Новая Зеландия), февраль 1974 года. Членами советской делегации были С.Л.Соловьев и А.С.Алексеев.



Участники международного симпозиума по цунами в г.Сидней (Канада), июль 1985 года. Членами советской делегации были С.Л.Соловьев, В.Н.Беляев и В.К.Гусяков.

Заключение

С.Л.Соловьев стоял у истоков создания советской и российской науки о цунами. Он внес основополагающий вклад в решение важнейших научно-практических проблем, связанных с проблемой цунами, в частности:

- ***В создание методологических основ и принципов построения Службы оперативного прогноза цунами на ДВ побережье СССР***
- ***Им была предложена важная модификация шкалы интенсивности цунами, которая фактически переводит ее в шкалу магнитуд цунами***
- ***Им были заложены основы создания карт цунами-районирования побережья Дальнего Востока и других морей***
- ***По его инициативе еще в середине 1960-х годов были начаты пионерские работы по донной регистрации цунами на шельфе острова Шикотан***
- ***Созданные им каталоги цунами Тихоокеанского и Средиземноморского регионов лежат в основе Глобальной базы данных по цунами, поддерживаемой NCEI/NOAA и ЛЦ/ИВМиМГ СО РАН***

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

