

## Следы доисторических цунами на восточном побережье Камчатки

Т. К. Пинегина,

И. В. Мелекесцев,

доктор геолого-минералогических наук,

О. А. Брайцева,

кандидат географических наук,

Л. И. Базанова,

А. В. Сторчеус

Институт вулканологической геологии и геохимии ДВО РАН  
Петропавловск-Камчатский

**Ц**УНАМИ возникают в результате сильных подводных землетрясений. Известно сравнительно немного случаев, когда они связаны с другими природными процессами — извержениями вулканов, гигантскими обвалами, турбидитными потоками. Сильные и катастрофические цунами, с высотой залесков свыше 10 м вдоль большого участка побережья (сотни километров) возникают, как правило, в результате мелкофокусных землетрясений с магнитудой более семи-восьми баллов<sup>1</sup>. По статистическим данным около 10% землетрясений, происходящих под океаническим дном либо под континентальным склоном, вызывают цунами.

На Дальнем Востоке практически все цунамигенные землетрясения образуются в Курило-Камчатской зоне субдукции, протянувшейся вдоль материкового склона на расстоянии 100—200 км от побережья<sup>2</sup>. На берег Охотского моря цунами от землетрясений в

Японском море приходят значительно реже. Таким образом, самые сильные цунами в России происходят на восточном побережье Камчатки и Курильских о-вах.

Сильные и катастрофические цунами — явление редкое. На Камчатке за исторический период (около 250 лет) отмечено 14 таких событий. В районе Петропавловска-Камчатского и на юго-востоке полуострова произошло четыре сильных цунами, вызванных землетрясениями с магнитудами 7.5—8.5 в 1737, 1841, 1952, 1959 гг. На побережье Камчатского залива за это же время зафиксировано три сильнейших цунами: в 1737, 1791, 1923 гг. Это данные для наиболее заселенных районов; для других участков побережья Камчатки сведений о таких катастрофических событиях еще меньше. На Командорских о-вах известно только цунами 1737 г. Ограниченность числа событий в историческое время и отсутствие длительных инструментальных наблюдений не позволяет оценить повторяемость и максимальную высоту залесков.

В последнее время большую актуальность приобретает исследование отложений древних цунами

(палеоцунами). Этот метод позволяет проследить повторяемость цунами за период, значительно превышающий исторические наблюдения. Кроме того, изучая распространение отложений цунами на побережье, можно определить расстояния, на которые волны проникали в глубь суши (так называемые зоны затопления), и их высоты при подходе к берегам. Эти данные необходимы для оценки риска образования цунами в разных регионах.

На Камчатке изучать геологические следы и, в частности, отложения палеоцунами начали несколько лет назад<sup>3</sup>. Для датировки таких отложений применяется как радиоуглеродный, так и тефрохронологический метод<sup>4</sup>. Еще в 70-е годы в этом районе начали проводиться исследования по изучению распространения вулканических пеплов. Была проделана большая работа

<sup>3</sup> Мелекесцев И.В., Курбатов А.В., Певзнер М.М., Сулержицкий Л.Д. // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4—5. С.106—116.

<sup>4</sup> Мелекесцев И.В., Краевая Т.М., Брайцева О.А. Почвенно-пирокластический чехол и его значение для тефрохронологии на Камчатке // Вулканические фации Камчатки. М., 1969. С.61—70.

© Т.К.Пинегина, И.В.Мелекесцев, О.А.Брайцева, Л.И.Базанова, А.В.Сторчеус

<sup>1</sup> Соловьев С.Л. Повторяемость землетрясений и цунами в Тихом океане // Волны цунами. М., 1972. С.7—48.

<sup>2</sup> Заякин Ю.Я. Каталог цунами на Камчатке. Обнинск, 1987.



Схема районов, где проводились работы по поиску следов древних цунами. Цифрами обозначены: 1 — устье р. Жупанова, 2 — бухта Мутная.

Геологический разрез торфяников в районе устья р. Жупанова. Светлые полосы — горизонты вулканического пепла, темные — отложения цунами.

Фото Р.А. Спицы



по восстановлению истории формирования наиболее активных вулканов, действовавших на протяжении голоцена (последние 10—11 тыс. лет). На различных расстояниях от вулканов отбирались пробы пеплов для проведения химического, минералогического и других анализов. Фиксировались изменение мощностей пепловых горизонтов и их минеральный состав. На основе полученных данных строились карты изопахит — линий равной мощности пеплов, — показывающие оси пеплопадов. Для датировок отдельных извержений были выполнены многочисленные радиоуглеродные

анализы образцов захороненной в торфе древесины, а также торфа и погребенных почв над и под пепловыми горизонтами. Сейчас на Камчатке установлены надежно датированные маркирующие прослой пепла (см. табл.).

Изучая отложения доисторических цунами, мы можем определять их возраст по уже имеющимся пепловым маркерам, фиксируя относительное положение последних в разрезах. Это позволяет непосредственно в экспедиционных условиях датировать палеоцунами и сопоставлять их отложения в разных разрезах. Возраст отложе-

ний между маркирующими горизонтами пепла рассчитывается по скорости накопления торфа (предполагается, что скорость накопления торфа постоянна). Ошибка в рассчитанных таким образом возрастах составляет несколько лет для недавних исторических цунами и несколько десятков лет для более древних событий. В дальнейшем возможно уточнение полученных дат с помощью радиоуглеродного анализа. При полевых работах отложения цунами можно отличить от отложений иных генетических типов (вулканических, аллювиальных, эоловых и др.) по ряду

**Главные маркирующие прослои тефры крупнейших извержений вулканов Камчатки в голоцене (в сокращенном виде, по Брайцевой О.А. и др., 1994)**

Центр извержения	Индекс тефры	Радиоуглеродный возраст, лет	Состав	Особенности состава	Объем, км <sup>3</sup>	
<b>Кальдерообразующие извержения</b>						
Кальдера Курильское озеро	КО	7600—7700	риолит	умеренное содержание K <sub>2</sub> O, присутствие роговой обманки	100—120	
Кальдера Карымская	KPM	7700—7800	риодацит	умеренное содержание K <sub>2</sub> O, отсутствие роговой обманки	8—10	
Кальдеры вулкана Ксудач	V	KC1	1700—1800	риодацит	низкое содержание K <sub>2</sub> O, отсутствие роговой обманки	15
	IV	KC2	6000	андезит		8—9
		KC3	6100	риодацит + андезит		?
	III	KC4	8700—8800	андезит		1.5
<b>Субкальдерные извержения</b>						
Опала (Бараний Амфитеатр)	ОП	1400—1500	риолит	высокое содержание K <sub>2</sub> O, присутствие биотита	9—10	
Ходуткинский маар	ХД	2800	риодацит	умеренное содержание K <sub>2</sub> O, присутствие роговой обманки	>1	
<b>Кратерные извержения стратовулканов</b>						
Авачинский	AB1	3500	андезитобазальт	низкое содержание K <sub>2</sub> O, присутствие роговой обманки	>4	
	AB3	4500—4600	андезит	низкое содержание K <sub>2</sub> O	>0.5	
	AB4	5400—5500	андезит		>1	
	AB5	5600	андезит		>0.5	

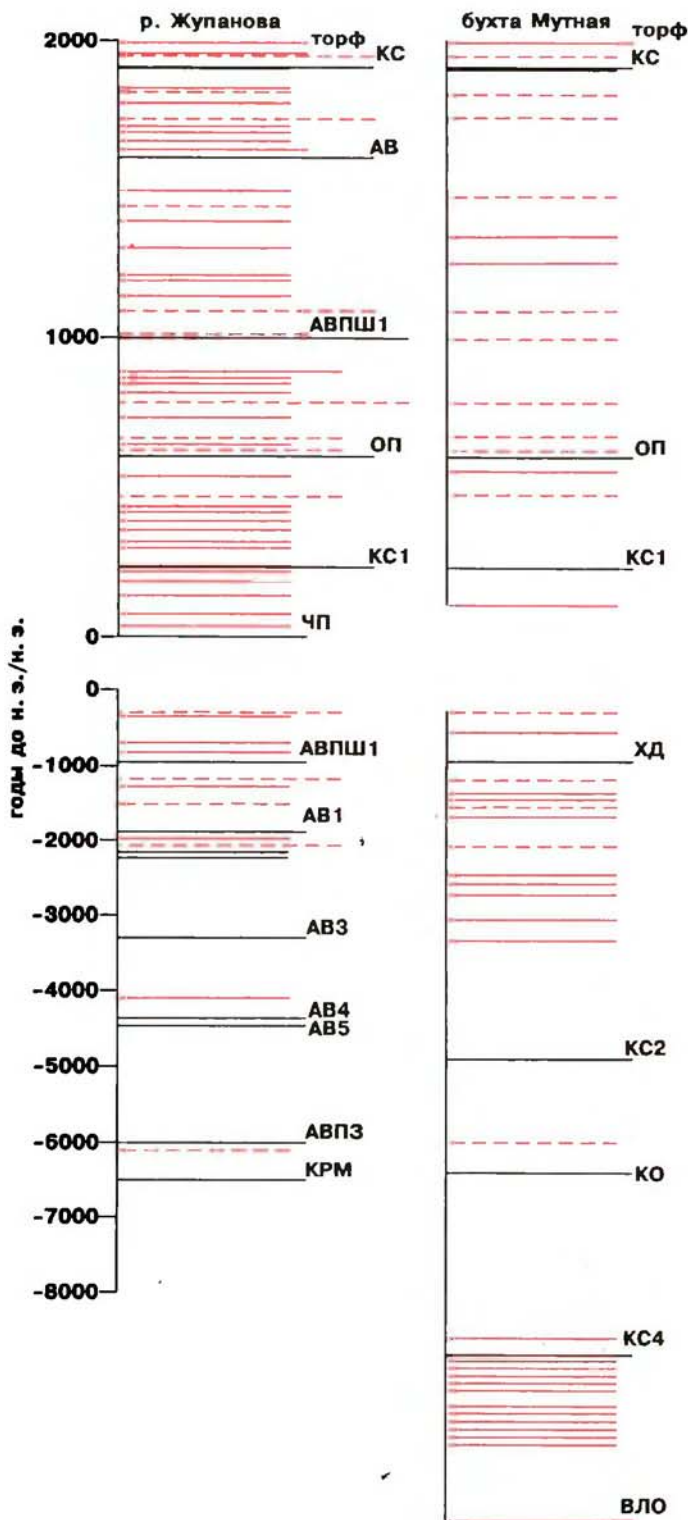
внешних признаков, при дальнейшей обработке — уточнить с помощью специальных химических анализов.

В 1995—1996 гг. мы изучали отложения цунами на участках восточного побережья Камчатки — в районе устья р.Жупанова и в бухте Мутной, расположенной примерно в 100 км от Петропавловска-Камчатского. Здесь широко развиты торфяники, которые из-за высокой скорости накопления создают благоприятные условия для сохранения

в них горизонтов тефры и отложений цунами.

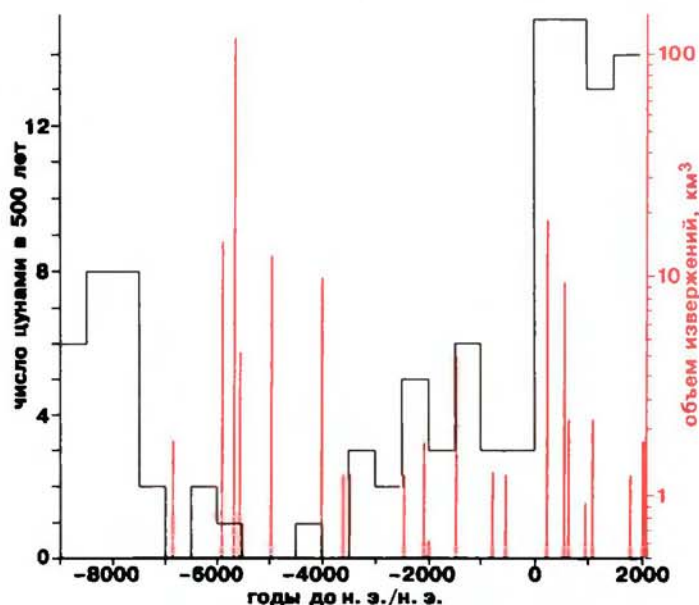
Концентрация отложений в торфяниках происходит по следующей схеме. В течение определенного времени накапливается торф, затем в результате вулканического извержения он перекрывается слоем выпавшего пепла. Через некоторое время торфообразование возобновляется, пепел оказывается как бы законсервированным между торфяными горизонтами. Цунами приносят специфический материал: морской

песок, гальку, ракушки, мусор с побережья. Причем на относительно ровном пологом берегу такие осадки, как правило, сортированы и дифференцированы по крупности. Если же волна встречает на своем пути преграду (например, в виде бровки высокой террасы), то она сбрасывает влекомый материал сразу, без гравитационной сортировки. После отступления волн торф перекрывается слоем морских отложений. По прошествии некоторого времени торфообразование во-



Сводные разрезы торфяников (вверху) и почвенно-пирокластических чехлов, содержащих следы цунами. Черные линии — пепловые маркеры, цветные — отложения цунами, цветной пунктир — предположительно одновозрастные отложения цунами для разных пунктов побережья. Индексы маркирующих горизонтов тифы крупнейших извержений вулканов Камчатки соответствуют индексам тифы в таблице. Буквами обозначены пеплы вулканов: АВ, АВПШ1 — Авачинского, КМ — Карымского, КС — Ксудача, ЧП — невыясненного, ВЛО — водно-ледниковые и ледниковые отложения.

*Распределение сильных и катастрофических цунами в районе р.Жупанова и бухты Мутной за последние 10 тыс. лет. Цветные пики показывают вулканическую активность Камчатки за тот же период.*



зобновляется. Таким образом, геологический разрез торфяника напоминает слоеный пирог. Нами было отработано более 40 геологических разрезов на низких морских аккумулятивных равнинах, на ровных поверхностях разновысотных террас, в местах, где тephра и отложения цунами могли сохраняться без дальнейшего перемещения и размыва.

На основе полученных материалов были построены сводные разрезы для района, прилегающего к устью р.Жупанова, побережью бухты Мутной. На этих разрезах показаны маркирующие горизонты тephры и отложения цунами, возраст которых рассчитан по скоростям накопления осадков между пеплами.

Вблизи устья р.Жупанова были отмечены следы более 50 цунами за последние 6000 лет, с высотой заплесков в несколько метров. Наибольшее количество отложений найдено в 300—700 м от побережья. Следы катастрофических событий

обнаружены на расстоянии до 10 км от берега и на высоких 30-метровых террасах. В районе бухты Мутной, на высотах более 20 м над уровнем моря и на расстоянии около 10 км от линии берега, изучены отложения около 40 сильных и катастрофических цунами за последние 10—11 тыс. лет. При сопоставлении разрезов выявлены одновозрастные цунами, происходившие одновременно на побережье протяженностью около 200 км и, вероятно, вызванные сильными землетрясениями. Сравнивая масштабы проявлений тех цунами с современными, можно предположить, что магнитуда вызвавших их землетрясений была равна 8—8.5. Временной интервал между цунами за изученный период изменялся от нескольких десятков до нескольких сотен лет. В двух изученных нами районах количество установленных событий различно. Так, в зоне бухты Мутной мы обнаружили следы в основном катастрофических цунами (с высо-

той волн свыше 10 м), а в окрестностях р.Жупанова — и более слабых (высотой в несколько метров). Пока у нас недостаточно данных и по событиям, происшедшим в раннем и среднем голоцене. Большинство описанных нами разрезов фиксируют отложения лишь за последние 2000 лет. Несмотря на это, выявляется общая тенденция — увеличение частоты повторяемости цунами 1500—2000, 3500 и 7000—8000 лет назад. Эти пики согласуются с периодами усиления сейсмической активности региона. А отрезки времени 1500—2000 и 7000—8000 лет назад в целом совпадают с синхронной активизацией действующих вулканов Камчатки<sup>5</sup>.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ.**

**Грант № 96-05-64764.**

<sup>5</sup> Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4—5. С.5—33.