

*Кравчуновская Е. А.<sup>1</sup>, Пинегина Т.К.<sup>1</sup>, Бурджуа Д.<sup>2</sup>, Макиннесс Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
katja832003@mail.ru*

<sup>2</sup> *Университет штата Вашингтон, Сиэтл, США*

### **Введение**

В июле-августе 2007 г. на Центральных Курилах было проведено обследование, посвящённое изучению последствий цунами, вызванного Симуширским землетрясением 15 ноября 2006 г. [1]. Наряду с определением высот и дальностей заплеска волн, изучались также геолого-геоморфологические эффекты цунами на побережьях островов Симушир, Кетой, Янкича, Рыпонкича, Расшуа, Матуа. Информация об эффектах цунами собиралась как по топографическим профилям, измерявшимся для определения параметров заплеска, так и между профилями (см. статью настоящего сборника “Цунами 15 ноября 2006 г. на Центральных Курильских островах и повторяемость подобных событий в прошлом (по палеосейсмологическим данным)”). Для многих из обследованных территорий в нашем распоряжении были результаты наблюдений и фотографии, сделанные до цунами, поэтому у нас возникла уникальная возможность судить о том, какие изменения рельефа побережий произошли именно в результате цунами.

Наблюдавшиеся на островах эффекты существенно различаются в зависимости от рельефа побережья. Поэтому в данной работе для каждого из типов побережья характерные для него эффекты цунами будут рассмотрены отдельно. По типу воздействия волн цунами эффекты можно условно разделить на эрозионные и аккумулятивные.

### **Эрозионные эффекты цунами**

Для начала следует отметить, что разделение эффектов цунами на эрозионные и аккумулятивные весьма условно, поскольку часто формы рельефа побережий, подвергшиеся цунамигенной эрозии, впоследствии перекрывались отложениями цунами. В данной статье во всех случаях, когда наблюдалось нарушение почвенного покрова, эффект цунами описывается нами прежде всего как эрозионный, даже тогда, когда образовавшаяся эрозионная форма с поверхности была перекрыта цунамигенными отложениями.

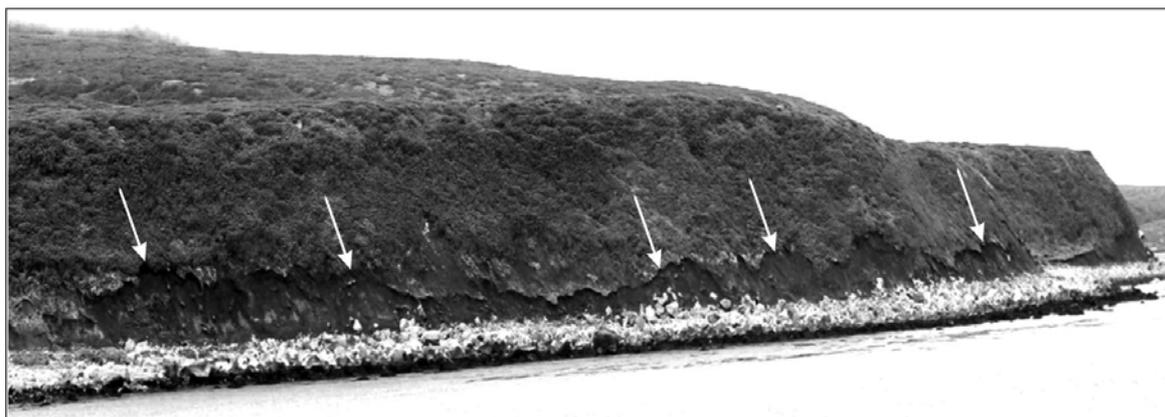


Рис. 1. Цунамигенный уступ размыва коренного берега. Стрелками показана бровка уступа. Высота уступа 10-15 метров.

**Цунамигенный размыв на побережьях с валунно-глыбовыми пляжами, примыкающими к склонам коренного берега.** До цунами склоны коренного берега на таких побережьях были задернованы и могли размываться волнами лишь в нижней своей части в наиболее сильные шторма. После цунами эти склоны оказались размывтыми до высоты чуть меньшей высоты заплеска цунами, дерн и растительность с них были полностью содраны (рис. 1). В случаях, когда склоны коренного берега были более пологи, цунамигенная эрозия оказывалась, как правило, более избирательной. На таких склонах участки глубокого размыва чередуются с участками, на которых смыта лишь растительность и верхний слой почвы. В результате чередования более и менее размывтых участков склоны сейчас имеют сложный террасовидный профиль.

### *Эрозионные эффекты цунами на побережьях с аккумулятивными террасами.*

Мористые края аккумулятивных террас подверглись размыву практически повсеместно и оказались отодвинутыми по крайней мере на несколько метров в сторону суши. Вновь образовавшиеся цунамигенные уступы в одних случаях параллельны береговой линии, в других же имеют в плане довольно сложную конфигурацию. Вдоль уступов повсеместно наблюдаются глубокие эрозионные промоины (рис. 2). Ширина зоны, испытавшей наиболее глубокую эрозию, составляет, как правило, первые метры. Эта зона полностью лишена растительности. На некотором расстоянии от уступа, где размыв не был таким глубоким и существенно не повредил корневища многолетних растений, в первый же сезон после события наземная растительность возобновилась. Наличие зоны глубокой эрозии, по-видимому, связано с увеличением эрозионной способности волн перед крутыми уступами.



Рис. 2. Зона глубокой эрозии перед цунамигенным уступом.

На песчаных аккумулятивных террасах наиболее значительной эрозии подверглись обращённые в сторону моря склоны береговых валов. Почва здесь часто смыта целиком, и вновь образовавшийся крутой уступ в настоящее время заселяется пионерной растительностью. Поверхность валунно-галечных аккумулятивных террас часто осложнена овальными, круглыми или руслообразными промоинами (рис. 3). Диаметр промоин обычно составляет 1-3 м, глубина, как правило, до 50 см, но бывает и больше. На дне промоин иногда отложены галька и валуны. Наиболее масштабный размыв морской аккумулятивной террасы мы наблюдали в центральной части бухты Айну на острове Матуа, где полностью размывлся береговой вал шириной ~ 70 м и высотой ~ 7 м над уровнем моря.



Рис. 3. Цунамигенные промоины на поверхности валунно-галечных аккумулятивных террас. Диаметр промоин обычно составляет 1-3 м, глубина, как правило, до 50 см, а иногда и более.

Существенную эрозионную работу на поверхности террас произвели воды цунами, стекающие в виде потоков по понижениям рельефа, например, по межваловым понижениям. При этом поток мог быть как прямым, так и обратным. Направление потока в ряде случаев удалось определить по положенным стеблям растительности. Весьма значительным оказался размыв на антропогенно изменённых участках террас, где почвенный слой был нарушен и до цунами (например, противотанковыми рвами). Сильная эрозия на значительном удалении от моря (сотни метров) наблюдалась по бортам речных долин.



Рис. 4. Обнажённые, однако живые, корневища Лабазника камчатского (*Filipendula camtschatica*) свидетельствуют об умеренной цунамигенной эрозии.

Таблица 1. Определение степени цунамигенной эрозии по нарушениям растительного покрова.

Степень нарушения растительного покрова	Степень цунамигенной эрозии
Стебли высокотравья положены в направлении движения воды, но не смыты	Эрозия крайне незначительна или отсутствует
Стебли оторваны от корневищ, корневища частично обнажены, однако не погибли, и из них прорастают молодые растения (рис. 4)	Эрозия умеренная
Корневища обнажены полностью и большей частью погибли	Эрозия сильная
Корневища смыты, встречаются лишь их отдельные сухие фрагменты	Эрозия очень сильная



Рис. 5. Отложения цунами 15.11.2006 г.

отложения выклиниваются, как правило, всего за несколько метров от линии максимального заплеска цунами, что очень важно для реконструкции древних цунами по их отложениям.

**Определение степени цунамигенной эрозии.** Для определения степени цунамигенной эрозии использовался анализ степени нарушения растительного покрова побережий и наблюдения за его восстановлением в первый вегетативный сезон после события. Изучались растения, обладающие мощным корневищем, которое располагается в нескольких сантиметрах от поверхности. Это Горец Саватье (*Polygonum savatieri*), Белокопытник широкий (*Petasites amplus*) и Лабазник камчатский (*Filipendula camtschatica*). Эти представители высокотравья очень часто встречаются на побережьях Курильских островов. Выделявшиеся нами степени нарушения растительного покрова и соответствующие им степени цунамигенной эрозии представлены в таблице 1.

#### Аккумулятивные эффекты цунами

Цунамигенная аккумуляция – явление не столь заметное и впечатляющее, как цунамигенная эрозия, однако, не менее распространённое. На обследованных нами участках побережья отложения цунами перекрывают как широкие и плоские террасы, так и достаточно крутые склоны. Отложения цунами представлены преимущественно песками, гравием и галькой, реже валунами (рис. 5).

В результате проведённых нами исследований по профилям, перпендикулярным берегу, была изучена мощность отложений. На широких аккумулятивных террасах, если цунами на своём пути не встречает преграды в виде уступа, мощность отложений в целом уменьшается от моря в сторону суши. Повышенная мощность отложений наблюдается в понижениях рельефа и перед крутыми уступами береговых валов. Мощность отложений в пределах одного профиля в среднем варьирует от нескольких мм до первых десятков см. Выяснилось, что цунамигенные

Волны цунами переносили и откладывали не только песок, гравий, гальку и валуны. На поверхности террас часто наблюдались заброшенные блоки дёрна диаметром порядка одного метра и более, по-видимому, оторванные волной на уступе террас. Также на побережьях был отложен и всевозможный плавучий материал: брёвна и доски, сухая трава и морская капуста, а также стеклянные, пластиковые и металлические поплавки, куски пенопласта. Руслу многих водотоков на значительном удалении от моря оказались забиты брёвнами и досками.

### **Заключение**

Проведённое обследование Центральных Курил после события 15 ноября 2006 г. показало, что цунами является одним из важных агентов рельефообразования на цунамиопасных побережьях. Детальное описание форм рельефа, созданных цунами, очень важно, поскольку они могут давать информацию об энергии и динамике набегающих на берег волн. Кроме того, наличие представлений о современных цунамигенных формах позволяет диагностировать и древние формы, которые, наряду с отложениями цунами, могут свидетельствовать о древних событиях и их параметрах.

### **Список литературы**

1. Bourgeois J., Pinegina T., Razhegaeva N., Kaistrenko V., Levin B., MacInnes B., Kravchunovskaya E. Tsunami Runup in the Middle Kuril Islands from the Great Earthquake of 15 Nov 2006 // *Eos Trans. AGU*. 88(52). Fall Meet. Suppl. 2007. Abstract N: S51C-02.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 07-05-10070к, 06-05-08098, 07-05-00363, 06-05-64025а), Президиума ДВО РАН и Национального научного фонда (NSF) ARC-0508109.