

## **Новые данные об Усть-Камчатском землетрясении 14 апреля 1923 г. по результатам палеосейсмологических исследований**

**Пинегина Т.К.**

**New data on April 14, 1923 Ust-Kamchatsk earthquake by the results of paleoseismological study**

**Pinegina T.K.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*

*e-mail: pinegtk@yandex.ru*

В ходе палеосейсмологических исследований на побережье Камчатского залива были выявлены погребенные уступы размыва, свидетельствующие о периодических вертикальных косейсмических опусканиях. С помощью метода тефрохронологии установлено, что последнее опускание произошло в 1923 г., вероятнее всего, во время апрельского землетрясения.

### **Введение**

В 1923 г., в эпоху становления инструментальных сейсмологических наблюдений в мире, вдоль северного отрезка Курило-Камчатской зоны субдукции произошли три сильных землетрясения, два из которых вызвали катастрофические цунами [2, 4]. Эпицентр первого землетрясения, 4 февраля 1923 г. с магнитудой  $M_w=8.5-8.7$ , ориентировочно располагался к востоку от полуострова Шипунского, в точке с координатами  $53.0^\circ$  с.ш.,  $161.0^\circ$  в.д. [1], рис. 1. Землетрясение вызвало разрушительное цунами на побережье Кроноцкого и Авачинского заливов [2, 4, 6]. В Камчатском заливе это цунами также было отмечено, однако свидетели не описывали каких-либо разрушений на рыбоконсервных заводах и в с. Усть-Камчатск (в 1923 г. поселок Усть-Камчатск был селом), кроме смытой цунами кладовой на заводе Цуцуми, расположенной на берегу. Землетрясение сопровождалось разжижением донных отложений в Халактырском озере, необратимым повышением уровня воды в р. Калыгирь [4], что подтверждает положение очага напротив Кроноцкого залива и Шипунского полуострова и свидетельствует о косейсмическом опускании побережья в южной части Кроноцкого залива.

Эпицентр второго землетрясения, 24 февраля 1923 г. с магнитудой  $M_w=7.4-7.7$ , располагался в Камчатском заливе, в точке с координатами  $55.0^\circ$  с.ш.,  $162.4^\circ$  в.д. [1]. Судя по тому, что это землетрясение не вызвало цунами и что в с. Усть-Камчатск оно ощущалось всего в 5-6 баллов, вероятно в оценке магнитуды и/или положения очага есть неточность.

Третье землетрясение произошло 14 апреля 1923 г. Оценочная магнитуда  $M_w=7.4-8.2$ , положение эпицентра –  $55.4^\circ$  с.ш.,  $162.8^\circ$  в.д. Землетрясение вызвало 9-балльные сотрясения в с. Усть-Камчатск и огромное цунами (11 м в районе Усть-Камчатска и ~20 м к югу, примерно до мыса Шубертова) [2, 4]. И первое, и третье землетрясение вызвали 4-метровые цунами на о. Беринга, а также были зафиксированы мареографами и очевидцами на Гавайях, в Японии, в Калифорнии и Канаде.

Идентифицировать отдельно февральское и апрельское цунами по их отложениям, и таким образом выявить протяженность зоны охваченного цунами побережья для уточнения магнитуды и положения очагов, не представляется возможным. С палеосейсмологической точки зрения, все события интерпретируются по их геологическим следам как одно мегаземлетрясение [5].

Несоответствие магнитуды землетрясения (нижний порог 7.4) и высоты цунами вызвало ряд спекуляций. Так, например, в работе [8] предполагается, что апрельское цунами было сгенерировано подводным оползнем, несмотря на то, что оползневые цунами, как правило, имеют недостаточно энергии для распространения через весь Тихий океан. Во время проведения исследований на побережье Камчатского залива были получены палеосейсмологические данные о вертикальных косейсмических деформациях, которые в условиях Камчатки характерны для типично субдукционных

землетрясений, происходящих на малых глубинах (до ~50 км) с очагами, расположенными вблизи желоба, и большими магнитудами (порядка 8 и выше) [7].

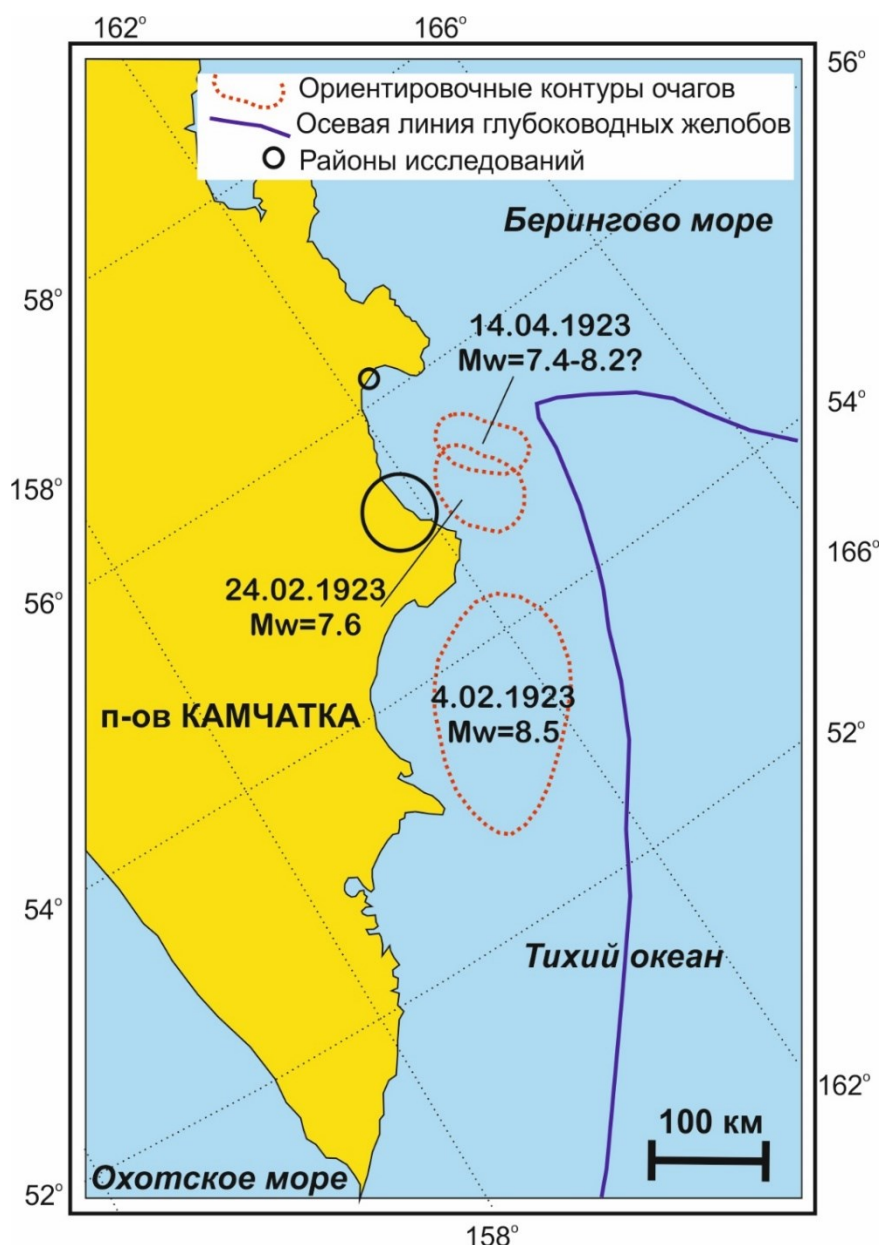


Рис. 1. Положение очагов землетрясений 1923 г. по [1] и районы изучения отложений цунами и вертикальных косейсмических деформаций на побережье Камчатского залива [3, 5].

### Методы исследований

Во время полевых исследований на побережье были измерены топографические профили через береговые валы перпендикулярно береговой линии, описаны геологические разрезы аккумулятивных морских террас. Одной из задач было выявление геологических следов голоценовых вертикальных косейсмических деформаций, которые находят отражение как в характере топографического профиля, так и в строении аккумулятивных террас. Так, после косейсмического опускания побережья происходит частичный размыв морской террасы, после завершения размыва уступ перекрывается молодыми штормовыми отложениями, а молодой береговой вал оказывается более высоким, чем древние валы. Чем сильнее был размыв террасы, тем большей является разница в возрасте между сохранившейся древней частью террасы и молодым береговым валом [7]. Возраст террас и береговых валов определялся с помощью метода тефрохронологии (по горизонтам вулканических пеплов).

### Полученные результаты

По характеру восьми измеренных топографических профилей было выявлено, что центральная и северная части побережья Камчатского залива во время сильнейших землетрясений испытывают опускание. В результате древние береговые валы оказались опущены относительно молодых. За последние ~3500 лет было выявлено три этапа косейсмических опусканий с суммарной амплитудой 3.5-4 м, в среднем 1.2-1.3 м за одно событие. Амплитуда опусканий для разных событий различна, т.к. это зависит от планового положения очага относительно побережья, его ширины и магнитуды землетрясения.

В почвенно-пирокластическом чехле (ППЧ) в центральной части побережья Камчатского залива присутствует тефра вулкана Безымянный, извержение 1955-1956 гг., и вулкана Ксудач (Конус Штюбеля), извержение 1907 г. [5]. В северной части побережья залива в ППЧ есть тефра извержения вулкана Шивелуч 1964 г. и исторического извержения вулкана Ключевской, предположительно 1878 г. [3]. Тефра этих извержений позволила уверенно идентифицировать отложения трех недавних цунами (1997 г. – от Кроноцкого землетрясения, 1960 г. – от Чилийского, и 1923 г. – предположительно от Усть-Камчатского). Характер топографии и наличие погребенного уступа размыва (рис. 2) позволяют полагать, что апрельское землетрясение 1923 г. сопровождалось косейсмическим опусканием более 1 м в центральной части побережья и около 0.4-0.5 м к югу от с. Усть-Камчатск.

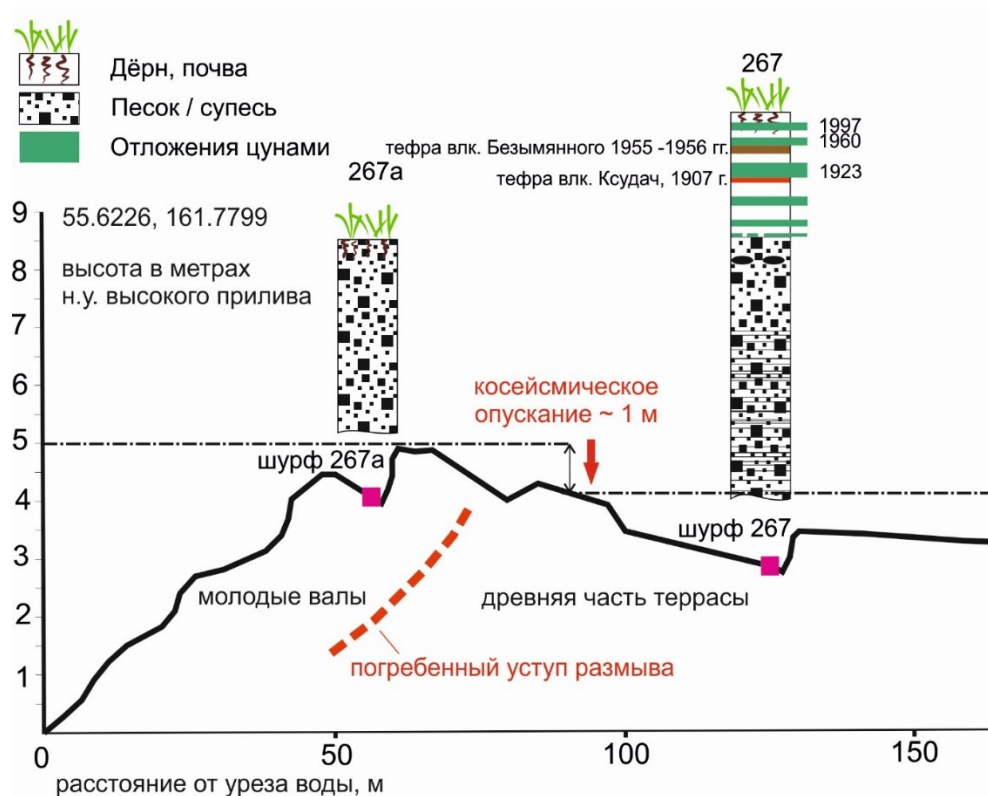


Рис. 2. Фрагмент одного из топографических профилей с шурфами и геологической интерпретацией следов косейсмических опусканий.

В пользу опускания свидетельствует также погибший прямостоящий лес (сухие стволы) на дальних от уреза береговых валах в районе устьев рек Андриановка, Быстрая, Сторож – классический пример влияния поднятия относительного уровня грунтовых вод на древесную растительность.

Косвенным подтверждением опускания суши во время Усть-Камчатского землетрясения 1923 г. являются описания очевидцев, отметивших необычные приливы в устье реки Камчатка после цунами [4].

### Выводы

Полученные в ходе экспедиционных работ на побережье Камчатского залива данные указывают на то, что Усть-Камчатское землетрясение 14 апреля 1923 г. вызвало не только катастрофическое цунами, но и крупноамплитудное косейсмическое опускание в центральной и северной частях побережья. Это свидетельствуют о том, что очаг располагался на небольшой глубине (до 50 км) вблизи желоба, землетрясение относится к субдукционному типу, его магнитуда, скорее всего, была ближе к максимальной величине ( $M_w \sim 8.2$ ), определенной сейсмологами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-27-00069 (руководитель А.И. Кожурин).

### Список литературы

1. Гусев А.А. Сильные землетрясения Камчатки: расположение очагов в инструментальный период // Вулканология и сейсмология. 2006. № 3. С. 39-42.
2. Заякин Ю.Я., Лучинина А.А. Каталог цунами на Камчатке. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. 50 с.
3. Пинегина Т.К., Кожурин А.И., Пономарева В.В. Оценка сейсмической и цунамиопасности для поселка Усть-Камчатск (Камчатка) по данным палеосейсмологических исследований // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. № 1. Вып. 19. С. 138-159.
4. Соловьев С.Л., Ферчев М.Д. Сводка данных о цунами в СССР // Бюллетень совета по сейсмологии. Проблема цунами. 1961. № 9. С. 23-55.
5. Bourgeois J., Pinnegar T.K. The 1997 Kronotsky earthquake and tsunami and their predecessors, Kamchatka, Russia // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2018. V. 18. № 1. P. 335-350.
6. Pinnegar T.K., Bazanova L.I., Zelenin E.A. et al. Holocene tsunamis in Avachinsky Bay, Kamchatka, Russia // Pure and Applied Geophysics. 2018. V. 175. P. 1485-1506.
7. Pinnegar T.K., Bourgeois J., Bazanova L.I. et al. Coseismic coastal subsidence associated with unusually wide rupture of prehistoric earthquakes on the Kamchatka subduction zone: A record in buried erosional scarps and tsunami deposits // Quaternary Science Reviews. 2020. V. 233. Art. 106171. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106171>
8. Salaree A., Okal E.A. The «tsunami earthquake» of 13 April 1923 in Northern Kamchatka: Seismological and hydrodynamic investigations // Pure and Applied Geophysics. 2018. V. 175. P. 1257-1285.