



Землетрясение и цунами 4(5) октября 1994 года на побережье Южных Курильских островов (взгляд 30 лет спустя)

В. М. Кайстренко¹, П. Виллис², Н. Г. Разжигаева³,
 Л. А. Ганзей³, Г. В. Шевченко^{4,1}, Ю. П. Королёв¹

¹ E-mail: vict-k@mail.ru

¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

² Институт физики Земли, Париж, Иль-де-Франс, Франция

³ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

⁴ Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск, Россия

Резюме. 4(5) октября 1994 г. произошло одно из сильнейших цунамигенных землетрясений в истории региона Южных Курильских островов, которое сопровождалось масштабными тектоническими проявлениями. Интенсивные сотрясения привели к коллапсу всей инфраструктуры на Шикотане и Кунашире, 11 человек погибли. Цунами, последовавшее за землетрясением, достигало высоты порядка 10 м на океанской стороне о. Шикотан и регистрировалось по всему побережью Тихого океана. Основные работы по изучению проявлений этого события проводились с октября 1994 г. и завершились в 1997 г. изданием объемных обзоров. Впервые был собран и систематизирован материал по специфическим эффектам на поверхности океана (моретрясение), сопровождавшим это землетрясение. В последующие годы интерес к этому неординарному событию инициировал продолжение исследований. При этом на первое место выдвинулось изучение отложений цунами 4(5) октября 1994 г. в общем контексте изучения отложений древних цунами (палеоцунами) в этом регионе. Эти исследования позволили получить оценки «сохранения» / «стирания» следов этого и более древних событий на побережье Южных Курильских островов. Ряд важных данных, приведенных в обзоре, публикуется впервые.

Ключевые слова: Южные Курилы, землетрясение, моретрясение, деформации земной коры, цунами, следы цунами, палеоцунами

Earthquake and tsunami of October 4(5), 1994, on the coast of the Southern Kuril Islands (a look 30 years later)

Victor M. Kaistrenko¹, Pascal Willis², Nadezhda G. Razjigaeva³,
 Larisa A. Ganzey³, Georgy V. Shevchenko^{4,1}, Yury P. Korolev¹

¹ E-mail: vict-k@mail.ru

¹ Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

² Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France

³ Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

⁴ Sakhalin Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. On October 4(5), 1994, one of the strongest tsunamigenic earthquakes in the history of the Southern Kuril Islands occurred, which was accompanied by large-scale tectonic manifestations. Intense shaking led to the collapse of the entire infrastructure on Shikotan and Kunashir Islands; 11 people died. The tsunami that followed the earthquake

reached a height of about 10 m on the ocean side of Shikotan Island and was recorded along the entire coast of the Pacific Ocean. Generally, the study of the manifestations of this event had been carried out since October 1994 and ended in 1997 with the publication of extensive reviews. For the first time, the data on the specific effects on the ocean surface (seaquake) that accompanied this earthquake have been collected and systematized. In the following years, the interest in this extraordinary event initiated further research. At the same time, the study of the deposits of the tsunami of October 4(5), 1994, in the general context of study of ancient tsunami (paleotsunami) deposits in this region came to the fore. These studies allowed us to obtain estimates of the “preservation”/ “erasure” of the traces of this tsunami and more ancient events on the coast of the Southern Kuril Islands. Some important data presented in this review are being published for the first time.

Keywords: Southern Kuril Islands, earthquake, seaquake, deformations of the Earth's crust, tsunami, tsunami traces, paleotsunami

Для цитирования: Кайстренко В.М., Виллис П., Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Шевченко Г.В., Королев Ю.П. Землетрясение и цунами 4(5) октября 1994 года на побережье Южных Курильских островов (взгляд 30 лет спустя). *Геосистемы переходных зон*, 2025, т. 9, № 4, с. 370–386. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.4.370-386>; <https://www.elibrary.ru/yvnskm>

For citation: Kaistrenko V.M., Willis P., Razjigaeva N.G., Ganzei L.A., Shevchenko G.V., Korolev Yu.P. Earthquake and tsunami of October 4(5), 1994, on the coast of the Southern Kuril Islands (a look 30 years later). *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2025, vol. 9, No. 4, pp. 370–386. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.4.370-386>; <https://www.elibrary.ru/yvnskm>

Финансирование и благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН «Мониторинг и моделирование океанологических процессов, прогнозирование катастрофических явлений на шельфе и в прибрежной зоне» (№ 121021000268-9) и Тихоокеанского института географии ДВО РАН «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разнородных геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша–океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (№ 125021302113-3).

Осенью 1994 г. работа исследовательской группы на островах, и особенно на Шикотане, проходила в условиях разрухи, вызванной землетрясением, и помощь властей на местах (В.И. Белоносов, В.И. Берг, А.Ф. Шулятьев, Н.А. Покидин) в сборе информации и, эпизодически, с транспортом была очень существенной. Детальные данные о проявлении цунами в порту Южно-Курильска были получены от В.А. Сморчкова – главного инженера рыбоколхоза «Родина» в 1994 г.

Авторы благодарны уважаемым рецензентам за их замечания, которые помогли устраниить ряд неточностей.

Funding and Acknowledgements

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences “Monitoring and modeling of oceanological processes, forecasting catastrophic events on the shelf and in the coastal zone” (No. 121021000268-9) and the Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences “Natural and anthropogenic dynamics, transformation and evolution of heterogeneous ecosystems and their components in the transition zone “land–ocean” in conditions of increasing natural and man-made risks; development of methods and geoinformation technologies for their monitoring and modeling” (No. 125021302113-3).

In the Autumn of 1994, the work of the research group on the Islands, and especially on Shikotan, took place in conditions of devastation caused by an earthquake, and the assistance of local authorities (V.I. Belonosov, V.I. Berg, A.F. Shulyatyev, and N.A. Pokidin) in collecting information and occasionally arranging transportation was very significant. Detailed data on the tsunami effects in the port of Yuzhno-Kurilsk was provided by V.A. Smorchkov, chief engineer of the “Rodina” fish factory in 1994.

The authors are grateful to the respected Reviewers for their comments, which helped to eliminate a number of inaccuracies.

Введение

5 октября 1994 г. в 00 ч 23 мин по местному времени (4 октября в 13 ч 23 мин по Гринвичу) в районе Южных Курильских островов произошло сильное землетрясение, магнитуда которого оценивалась в разных шкалах как $M_s = 8.1$, $M_w = 8.26$, $M_t = 8.2$, координаты

эпицентра 43.85° с.ш. и 147.17° в.д. Землетрясение проявилось с интенсивностью 8-9 баллов (по 12-балльной шкале MSK-64) на о. Шикотан, 7-8 баллов на других островах Малой Курильской гряды и о. Кунашир, 6-7 баллов на островах Итуруп и Хоккайдо, до 5-6 баллов на севере о. Хонсю, 2-4 балла на севере Курильской гряды. 9 октября в 07 ч 55 мин

по Гринвичу произошел крупнейший афтершок с оценками магнитуды $M_s = 7$, $Mw = 7.25$, $Mt = 6.9$ и координатами эпицентра 43.91° с.ш. и 147.82° в.д.*[1]. Вслед за землетрясением побережье Южных Курильских островов подверглось воздействию цунами. В результате землетрясения и в меньшей степени от цунами пострадали 13.4 тыс. чел., в том числе 11 чел. погибли при обрушении конструкций, 32 были серьезно ранены, 210 легко ранены, 7.7 тыс. чел. осталось без крова. Разрушено полностью 111 домов, частично – более 250, материальный ущерб составил около 600 млрд руб. в ценах 1994 г. [1].

Через 10 дней после землетрясения на Южные Курилы выехала группа специалистов-геофизиков и океанологов из ряда академических институтов страны, Сахалингидромета и двух университетов США для сбора натурных данных о проявлениях землетрясения и цунами. Полевые работы проводились с использованием визуального обследования, фотографирования, геодезической и аэрофотосъемки. Наиболее детально были обследованы побережья островов Шикотан и Кунашир с океанской стороны, обращенной к очагу цунами. Результаты анализа полученных данных были опубликованы в серии статей и книг.

Землетрясение и деформации земной поверхности

Возникновение сильного, потенциально цунамигенного землетрясения с $M_s > 7.5$ в районе Южных Курил в течение 1993–1997 гг. ожидалось с позиций долгосрочного и среднесрочного прогноза. К сожалению, прогноз не был осуществлен, так как в марте 1994 г. из-за финансовых трудностей прекратились сейсмологические наблюдения на Южных Курилах, включая службу предупреждения о цунами [2, 3]. Они возобновились лишь спустя 1-2 недели после землетрясения.

Отдельные сильные форшоки фиксировались на островах и судах в районе Южных Курильских островов. Так, по сообщению капитана судна Мельника (приняла В.А. Голова-

нова), 31 августа 1994 г. на судне (43.285° с.ш., 146.010° в.д.) ощущались сильные толчки (моретрясение). По данным с/ст «Южно-Сахалинск» этот форшок ощущался в Малокурильском с интенсивностью 4 балла, в Южно-Курильске – 6 баллов. В каталоге [4] приводятся координаты эпицентра форшока 43.61° с.ш., 146.01° в.д.; глубина очага $H = 82$ км и магнитуда $Mw = 6.1$.

Землетрясение 4 (5) октября 1994 г. оказалось сильнейшим сейсмическим событием в районе Малой Курильской гряды по крайней мере с начала XX столетия, оно сопровождалось масштабными тектоническими проявлениями. На поверхности о. Шикотан образовались многочисленные трещины, максимальная – длиной более 200 м и глубиной несколько метров (рис. 1). Наряду с разрывными нарушениями наблюдались также деформации земной поверхности.

Землетрясение и цунами затронули соседнюю Японию и, соответственно, инициировали ряд интересных исследований японских специалистов, из которых следует отметить [5, 6].

Изучение динамики уровня океана дает возможность оценить масштаб тектонического опускания о. Шикотан в целом. На рис. 2 приведены графики изменения уровня моря (кривая 1) и так называемого приведенного уровня, скорректированного на давление (кривая 2), на станции Малокурильское, которые позволили оценить величину смещения земной поверхности как разность среднесуточных значений уровней за 3 и 5 октября, которая составила 46 см. Расчет средних значений по интервалам времени за 1 сентября – 3 октября и за 5 октября – 8 ноября 1994 г. дал несколько большую величину смещения, равную 55 см. Это связано с тем, что в период с 11 по 18 октября продолжалось опускание о. Шикотан (подъем уровня моря)

Еще одно свидетельство масштабов деформации земной коры, вызванной этим землетрясением, удалось получить, используя глобальную французскую систему спутниковой геодезии DORIS (Doppler Orbitography

* TL/ICMMG Global Historical Tsunami Database. <http://tsun.ssc.ru/gtbd/default.aspx> (accessed 25.08.2025).

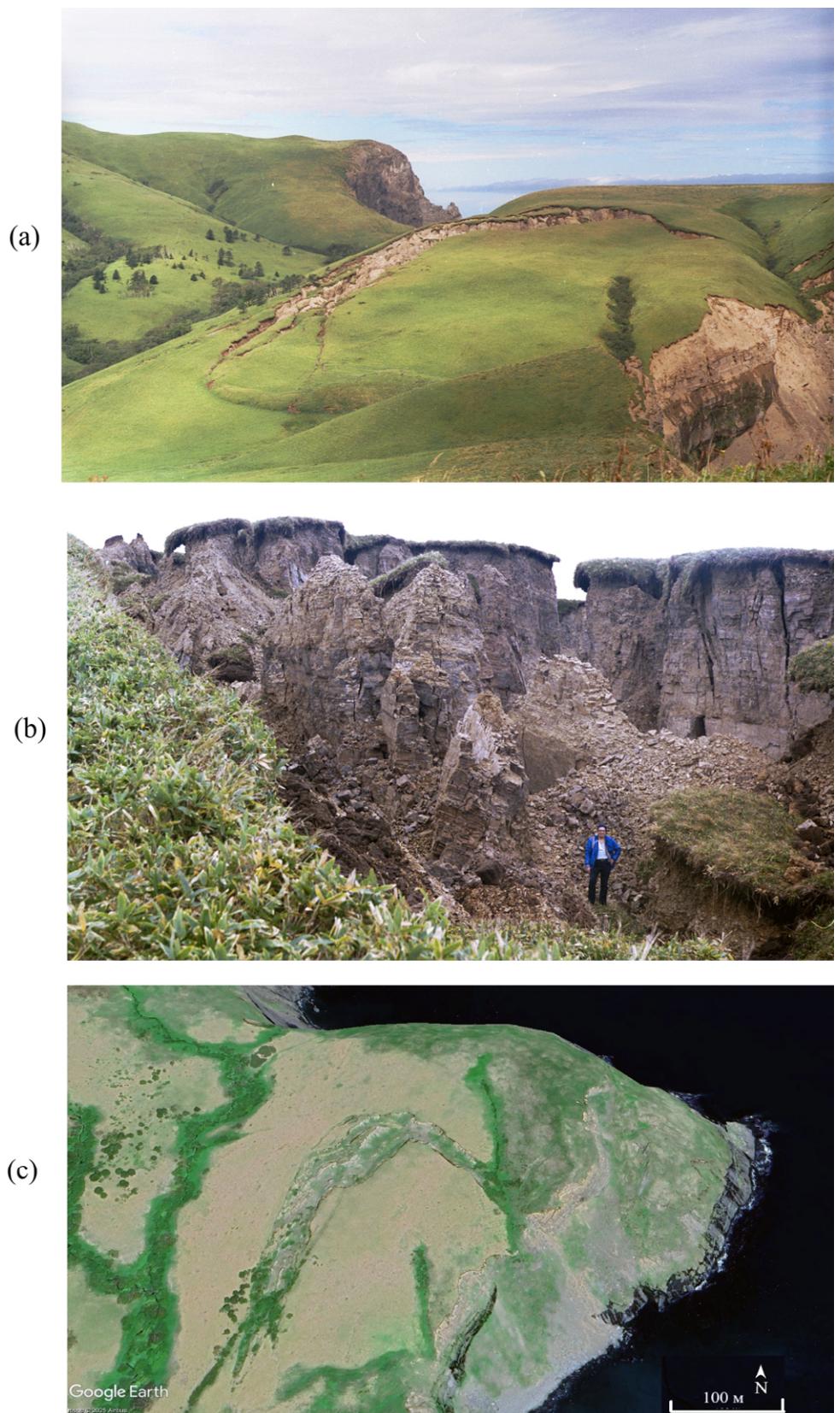


Рис. 1. Гигантская оползневая трещина отрыва на севере о. Шикотан, вызванная землетрясением, недалеко от пос. Малокурильское: (а) вид сверху (фото В.М. Каистренко, 1995 г.), (б) вид изнутри (фото А.О. Бобкова, 1994 г.), (с) снимок Google Earth из космоса (2025 г.).

Fig. 1. Giant landslide rupture in the North of Shikotan Island near the village of Malokurilskoye, caused by the earthquake: (a) top view (photo by V.M. Kaistrenko, 1995), (b) view from the inside (photo by A.O. Bobkov, 1994), (c) Google Earth satellite image (2025).

and Radiopositioning Integrated by Satellite), запущенную в 1990 г. Международное сотрудничество ИМГиГ ДВО РАН по программе DORIS естественным образом включалось в программу Российской академии наук «Космическая геодезия и твердая Земля», раздел «Спутниковый мониторинг крупномасштабных деформаций земной коры и изменчивость уровня в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану». Согласно межправительственному франко-российскому соглашению, один из радиопередающих маяков этой системы (рабочие частоты 400.25 МГц и 2.03625 ГГц, координаты антенны 47°01'46.876" с.ш., 142°43'0.834" в.д., WGS 84) был установлен на бетонном пилоне крыши ИМГиГ ДВО РАН в г. Южно-Сахалинск (рис. 3), запущен 17.05.1990 г. и работал с небольшими перерывами до февраля 2012 г. [8–10].

В результате землетрясения 4 октября 1994 г. расстояние (по прямой) между маяками в Южно-Сахалинске и на о. Каяуи (22°07'23" с.ш., 159°39'56", Гавайские остров-

ва) увеличилось на 19 см, а сильнейший афтершок 9 октября уменьшил это расстояние на 6 см (решения по данным системы DORIS за сутки) (рис. 4) [10].

Основной толчок землетрясения 4 октября сопровождался необычными явлениями, в частности довольно ярким свечением

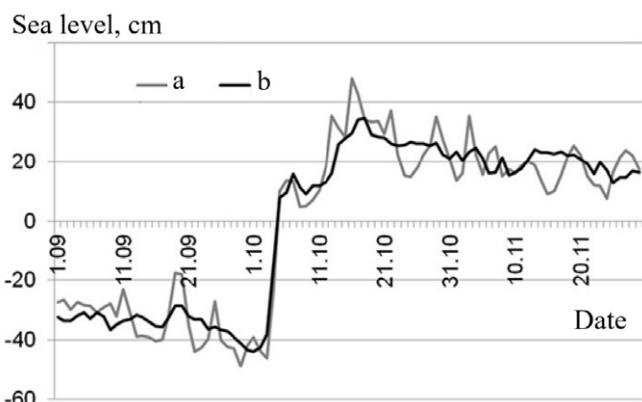


Рис. 2. Вариации среднесуточных значений уровня моря на станции Малокурильское (о. Шикотан) осенью 1994 г. (а – исходный уровень, б – приведенный) [7].

Fig. 2. Variations of the average daily sea level values at the Malokurilskoye station (Shikotan Island) in the autumn of 1994 (a, baseline; b, corrected) [7].

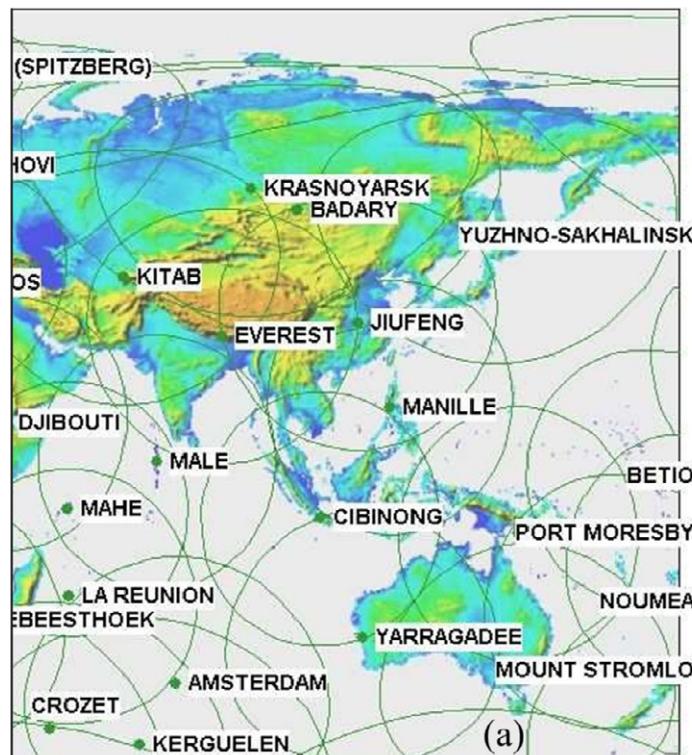


Рис. 3. Часть системы DORIS в Восточном полушарии (а), фото передающей антенны (б) на пилоне крыши ИМГиГ ДВО РАН. Фото В.М. Кайстренко, 2013 г.

Fig. 3. A part of the DORIS system in the Eastern hemisphere (a), the transmitting antenna (b) on the roof pylon of IMGG FEB RAS. Photo by V.M. Kaistrenko, 2013.

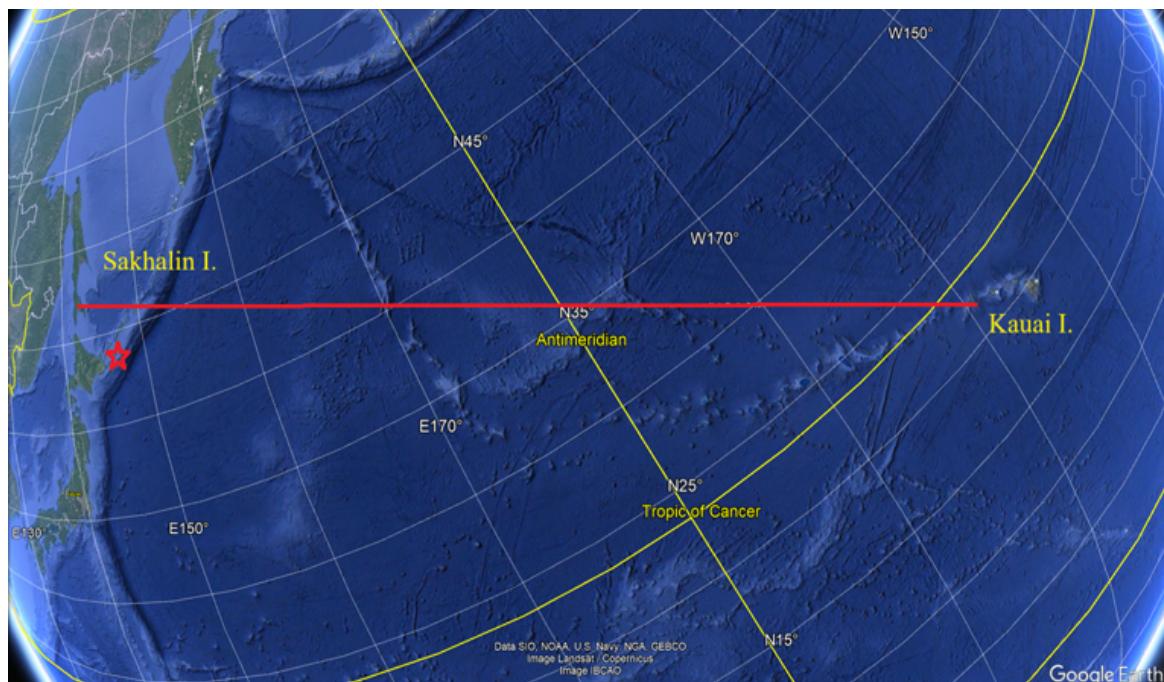


Рис. 4. Позиции маяков DORIS в Южно-Сахалинске (о. Сахалин) и на о. Кауаи (Гавайи) и соединяющая их дуга большого круга. Звездочкой отмечено положение эпицентра землетрясения 4 октября 1994 г.

Fig. 4. The positions of the DORIS beacon in Yuzhno-Sakhalinsk (Sakhalin Island) and on the Island of Kauai (Hawaii), and the great circle arc connecting them. An asterisk marks the location of the earthquake epicenter on October 4, 1994.

со стороны вулкана Менделеева, хорошо заметным в ночное время. Это свечение отмечали многие, включая сейсмолога Ирину Мухину, находившуюся на Горячем Пляже, о. Кунашир. Это же свечение со стороны вулкана наблюдала в Отрадном (вблизи Южно-Курильска) сестра Л. Садчиковой, сотрудницы сейсмостанции «Южно-Курильск». М.Н. Цветков, житель Малокурильского (о. Шикотан), отметил яркие сполохи в небе со стороны о. Кунашир. А.В. Цыганов, военный, находясь в пос. Крабозаводском (о. Шикотан), наблюдал молнии со стороны горы Томари (потухший вулкан).

Цунами и моретрясение

Землетрясение 4 октября 1994 г. сопровождалось цунами, высота которого на океанском побережье Южных Курил достигала 10–15(?) м. Волны были зарегистрированы также на Сахалине и во многих пунктах на побережье Тихого океана (в Японии, США, Чили и др.). Сильнейший афтершок 9 октября сопровождался слабым цунами, отчетливо заре-

гистрированным метеографами на Шикотане, Кунашире и севере Хоккайдо (рис. 5; табл. 1).

Служба предупреждения о цунами отреагировала на событие в штатном режиме, хотя во время землетрясения служба базировалась на данных только одной сейсмической станции, «Южно-Сахалинск» (на цунамистанциях «Курильск» и «Шикотан» наблюдения прекратились с марта 1994 г.). Через 8 мин с момента регистрации землетрясения (регламент 10 мин) дежурный сейсмолог передал в Центр цунами Сахалинского УГМС и штаб ГО и ЧС по Сахалинской области сообщение об объявлении тревоги цунами. Однако тревожное сообщение поступило только в Курильский район. На Южных Курильских островах сильные сотрясения вывели из строя аппаратуру связи и оповещения, и тревога цунами объявлялась мэром Южно-Курильска Н.А. Покидиным по факту сильного ощутимого землетрясения. Жертв от цунами не было, поскольку жители, не дожидаясь сигнала тревоги, сразу после землетрясения покидали свои дома и уходили на возвышенные места [1].

Таблица 1. Высоты цунами 1994 г. в ближайших к очагу портах
Table 1. The heights of the 1994 tsunami in the ports closest to the source

Порт	4 октября	9 октября
Малокурильское, о. Шикотан	2.5 м около рыбзавода «Ликвид»*; 3.7 м в долине р. Отрада**	0.11 м* / 08 ч 50 м GMT
Южно-Курильск, о. Кунашир	4.5 м у здания диспетчерской в порту** (рис. 6)	0.10 м* / 11 ч 20 м GMT
Ханасаки, п-ов Немуро, о. Хоккайдо	1.68 м***	0.12 м***
Кусиро, о. Хоккайдо	1.03 м***	0.06 м***

* максимальное превышение уровня над мгновенным значением прилива, запись метеографа.

** максимальное превышение относительно среднего уровня.

* maximum exceedance of the level above the instantaneous tide value, tide gauge record.

** maximum exceedance relative to the average sea level.

***TL/ICMMG, <http://tsun.sscc.ru/gtdb/default.aspx>.

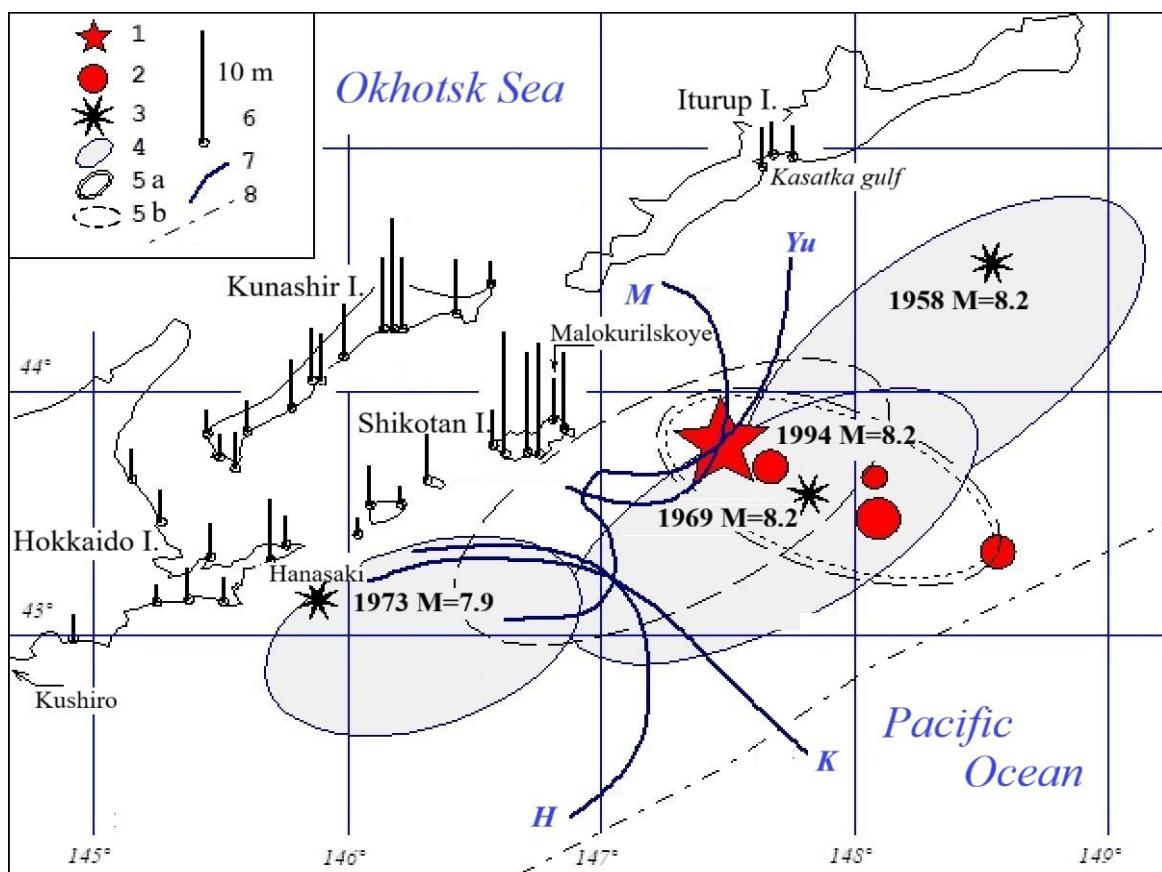


Рис. 5. Область очага Шикотанского цунами 05.10.1994 г. и максимальные наблюденные высоты цунами на побережье (по результатам полевого обследования). 1–3 – эпицентры: главного толчка 05.10.1994 г. (1); афтершоков с $M \geq 6.8$ в первые 6 ч после главного толчка (2); сильнейших исторических землетрясений (указаны год и магнитуда землетрясения) (3); 4, 5 – контуры очагов цунами: (4) сильнейших исторических цунами; (5а) очаг цунами 05.10.1994 г., по сильнейшим афтершокам за первые 6 ч; (5б) очаг цунами 05.10.1994 г., по области афтершоков первой недели; 6 – пункты на побережье и максимальные наблюденные в них высоты цунами; 7 – обратные изохроны добегания цунами, построенные от ряда пунктов на побережье (Ханасаки H, Кусиро K, Малокурильское M, Южно-Курильск Yu); 8 – ось глубоководного желоба [11, 12].

Fig. 5. The area of the Shikotan tsunami of October 5, 1994, and the maximum observed tsunami heights on the coast (according to the results of a field survey): 1–3, epicenters: main shock on October 5, 1994 (1); aftershocks with $M \geq 6.8$ in the first 6 hours after the main shock (2); the strongest historical earthquakes (the year and magnitude of the earthquake are indicated) (3); 4 and 5, contours of the tsunami sources: (4) the strongest historical tsunamis; (5a) tsunami of October 5, 1994, according to the strongest aftershocks during the first 6 hours; (5b) tsunami of October 5, 1994, according to the aftershocks area during the first week; 6, coastal positions and the maximum tsunami heights observed at them; 7, inverse isochrons of the tsunami, built from the some coastal positions (Hanasaki H, Kushiro K, Malokurilskoye M, Yuzhno-Kurilsk Yu); 8, the axis of the deep-sea trough [11, 12].

Активное обследование проявлений этого цунами, одного из сильнейших в этом регионе, начатое в октябре 1994 г., завершилось в 1997 г. подготовкой сводных публикаций [11, 12]. В последующие годы удалось собрать важную дополнительную информацию.

В.А. Сморчков, в 1994 г. главный инженер рыбколхоза «Родина», дал детальное описание проявлений цунами 1994 г. в порту Южно-Курильска, позволившее потом сделать замеры пиковых значений уровня цунами в районе порта до высоты $h = 4.5$ м относительно среднего многолетнего уровня, дополнительные к сводкам [11, 12]: порт Южно-Курильск, здание диспетчерской (рис. 6), $h = 4.5$ м ($44^{\circ}01.473'$ с.ш., $145^{\circ}51.295'$ в.д.; замер 27.09.2005 в 09:12 местного); пгт Южно-Курильск, стена бывшего стройцеха р/к «Родина», $h = 4.5$ м (замер 27.09.2005 в 10:55 местного).

Двухэтажный деревянный дом диспетчерской в порту Южно-Курильска всплыл на волне цунами, но в итоге опустился практически на свой фундамент с поворотом $\sim 15^{\circ}$ почти без повреждений (рис. 6).

Еще одно дополнительное к сводке [11, 12] сведение о заплеске цунами 1994 г. отно-

сительно среднего многолетнего уровня было получено по сохранившемуся следу в проливе о. Айвазовского, бухте Церковная: $h = 3.5$ м ($43^{\circ}43.72'$ с.ш., $146^{\circ}40.79'$ в.д.).

А.М. Скрыпнюк, в 1990-е годы сотрудник лаборатории цунами, сообщил информацию майора С.Н. Сухарева о проявлениях цунами 1994 г. на заставе в Сентябрьском, бухта Зоркая, север о. Итуруп. Цунами началось ночью с отката, оголившего дно примерно на 200 м. При этом баржа-лесовоз, с которой шла разгрузка леса, села на дно. Затем последовал медленный накат, который вынес баржу на берег, не вызвав ни размывов, ни разрушений. Уже выгруженные бревна цунами вынесло на берег на высоту до 3-4 м и на расстояние до 30 м. Важно, что эта информация позволила продолжить ряд данных обо всех сильных цунами в Сентябрьском, начиная с сильного события 1958 г., без пропусков.

Всего было сделано 180 замеров высот заплесков цунами вдоль побережья Южных Курильских островов.

Цунами 4(5) октября 1994 г. нанесло серьезный ущерб флоту и береговой инфраструктуре островов (табл. 2; рис. 6-8),

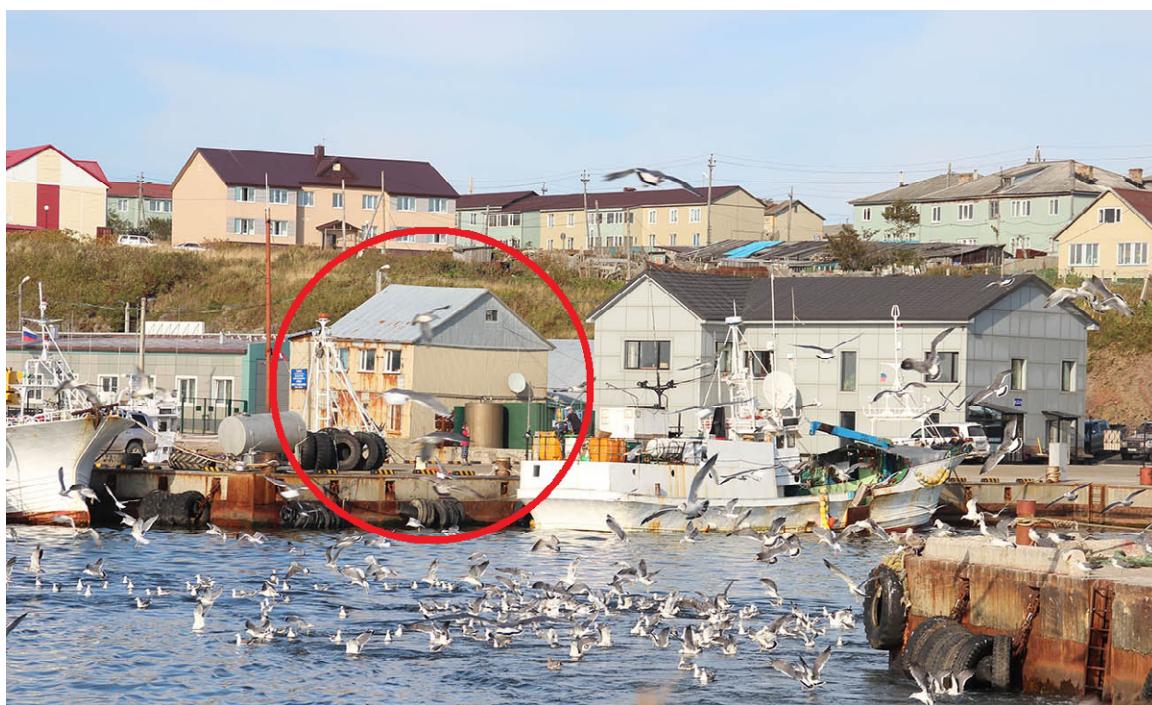


Рис. 6. Порт Южно-Курильск. Двухэтажный дом диспетчерской, сдвинутый волной цунами в 1994 г. Фото И.С. Прядченко, осень 2014 г.

Fig. 6. Port of Yuzhno-Kurilsk. A two-storey office building moved by the 1994 tsunami wave. Photo by I.S. Pryadchenko, autumn 2014.

несравнимый, однако, с масштабом ущерба от землетрясения [1].

Землетрясение 4(5) октября 1994 г. сопровождалось специфическими эффектами на поверхности океана (моретрясение) [14]. Все суда, находившиеся в регионе, испытывали ударное воздействие по корпусу. Все отмечали низкий гул, шедший из глубины. В течение двух-трех минут наблюдалась сильная вибрация и сотрясения, судно подбрасывало, как на камнях, было трудно устоять на ногах. Появлялось опа-

сение, что судно развалится. Почти всюду отмечалась приповерхностная кавитация, похожая на «кипение» воды с образованием фонтанчиков до 15 см высотой с отрывающимися каплями. В двух местах штиль сменился на быстрое развитие зыби высотой до 2 м, потом снова наступил штиль. На ряде судов моретрясение вызвало продольные колебания «нос – корма», которые закончились вместе с тряской.

На нескольких судах ударное воздействие моретрясения привело к критическим

Таблица 2. Ущерб от цунами 4(5) октября 1994 г., по данным администрации Южно-Курильска

Table 2. The damage caused by the tsunami of October 4(5), 1994, according to the data of Yuzhno-Kutylsk government

Объект	Описание	Ущерб (млн руб. в ценах 1994 г.)
Мосты	4 разрушены полностью, 2 частично	2214
Водопропускные сооружения		440
Автомобильные дороги	Трешины, размыты	2195
Рыболовный флот	На Шикотане одно судно затонуло, 3 выброшены на берег. На Кунашире одно судно затонуло, 3 подняты волной на причал.	8586
Гидротехнические сооружения, пирсы		8600



Рис. 7. Улица в прибрежной части пос. Южно-Курильск после землетрясения и цунами, октябрь 1994 г. Фото Г.Н. Березюка [13].

Fig. 7. A street in the coastal part of Yuzhno-Kurilsk settlement after the earthquake and tsunami, October 1994. Photo by G.N. Berezyuk [13].

повреждениям. На плавбазе «Советское Заполярье» (поз. 11 на рис. 9) лопнули аммиачные трубы судового холодильника. После устранения поломки плавбаза трое суток «проветривалась» на полном ходу. На РТМС «Пелагиаль» (поз. 12) треснула масляная труба на главном двигателе (давление 360 атм.), что привело к мгновенному заполнению всего машинного отделения взрывоопасным аэрозолем. На ПСКР «Леднев» лопнули воздушные и паровые трубопроводы. На СТР «Сердеж» (поз. 16) и СТР «Саломатинск» (поз. 13) ударное воздействие сдвинуло главный и вспомогательные двигатели с фундаментов, сорвав часть болтов крепления, и суда потеряли ход. Из-за воздействия ударной волны в воде по всей поверхности бухты Крабовой (о. Шикотан) сразу после главного толчка всплыла оглушенная рыба.

Моретрясения от афтершоков отмечались на судах еще несколько раз до ноября, но проявления были значительно слабее. Разнообразные эффекты моретрясений интересны с научной точки зрения, но почти не изучены. Исследования этих эффектов важны для приложений, поскольку некоторые из очаговых процессов в океане представляют серьезную опасность для мореплавания [13].



Рис. 8. Южно-Курильск. Одинокий дом, перенесенный волной на расстояние около 500 м. Фото А. Ключкова, 18.10.1994.

Fig. 8. A Yuzhno-Kurilsk area. A lonely house carried by the tsunami wave to a distance of about 500 m. Photo by A.A. Klochkov, October 18, 1994.

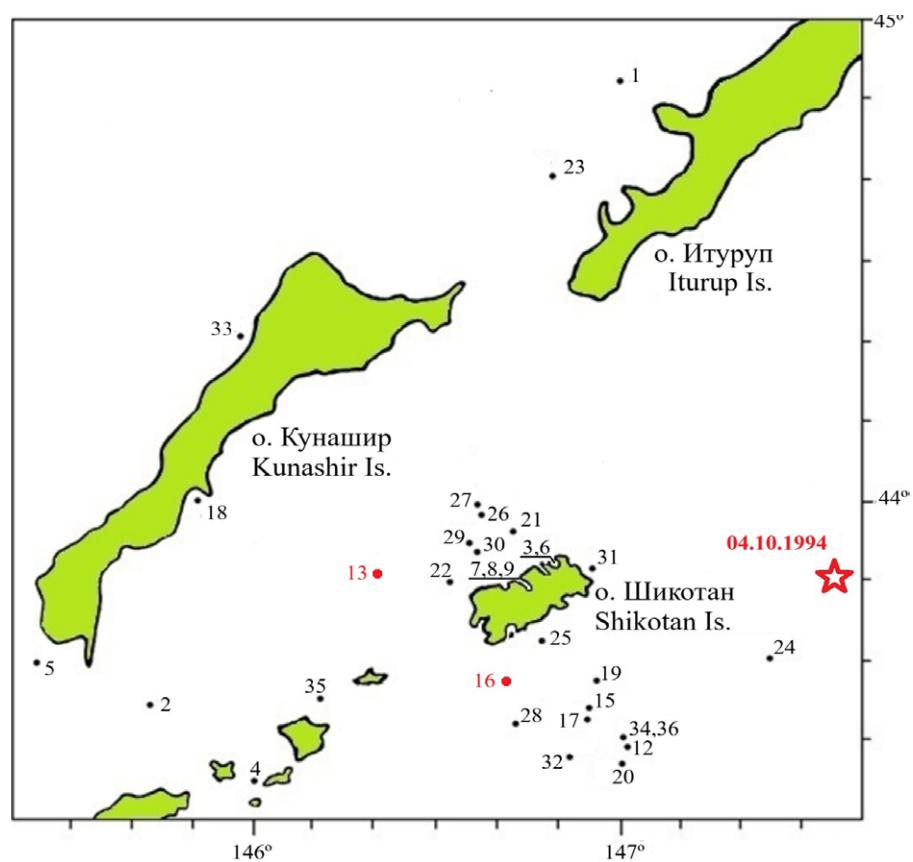


Рис. 9. Позиции судов, попавших в моретрясение 4(5) октября 1994 г. [14]. Красным цветом отмечены позиции судов, получивших критические повреждения. Звездочкой отмечено положение эпицентра землетрясения 4 октября 1994 г.

Fig. 9. Positions of vessels caught in the seaquake on October 4(5), 1994 [14]. The positions of the critically damaged vessels are marked in red. An asterisk marks the location of the earthquake epicenter on October 4, 1994.

Отложения Шикотанского цунами 1994 г.

При оценке возможного масштаба и частоты проявления сильных цунами в прошлом большое значение имеет информация о сохранности следов цунами в геологических разрезах, поэтому для интерпретации данных по отложениям палеоцунами важно изучать особенности осадконакопления современных крупных событий. На Курильских о-вах такие работы были выполнены после Шикотанского цунами 1994 г. [15, 16], Симуширских цунами 2006–2007 гг. [17–19] и после Тохоку цунами 2011 г. на островах Кунашир и Шикотан [20, 21].

Изучение покровных отложений цунами началось спустя год после события 1994 г. Осадки цунами были найдены на побережье о. Шикотан – в юго-западной и центральной части бухты Димитрова и бухте Церковная [22]. В бухте Димитрова высота заплеска цунами варьировалась от 5.3 до 9.8 м, зона затопления достигала 600 м [11, 23]. Небольшие пятна пляжного песка были обнаружены на некотором удалении от береговой линии, более выраженное (мощностью до 20 см) имело размер до 10 м, за пределами этой зоны песок покрывал траву слоем менее 3 см и встречался до высоты

ты 2.8 м над уровнем моря. В бухте Церковная песок залегал небольшими пятнами на мористом склоне штормового вала и в понижениях между древними штормовыми валами [22].

Комплексные работы по изучению отложений современных цунами и палеособытий на Южных Курильских островах начались в 2000-х годах и продолжались несколько лет. Это дало возможность оценить сохранность следов цунами в геологических разрезах [15, 16, 24]. Несмотря на то что цунами 1994 г. было одним из наиболее сильных событий на Курильских о-вах за исторический период (TL/ICMMG, <http://tsun.sscs.ru/gtdb/default.aspx>), «цунамигенные» пески были найдены в разрезах торфяников лишь на побережье нескольких бухт на тихоокеанской стороне островов Шикотан (бухты Димитрова, Агатовая, Церковная и Малая Церковная, рис. 10), Тан菲尔ева, Зеленый и в Южно-Курильской бухте на о. Кунашир.

К цунами 1994 г. отнесена также линза илов, найденная в верхней части разрезов торфяников на берегу закрытой бухты Крабовая на западном побережье о. Шикотан [21]. На тихоокеанской стороне о. Итуруп (зал. Касатка) отложения цунами 1994 г. не обнаружены [26]. Во всех бухтах цунамигенные отложения

1994 г. перекрыты слоем дерна или моховой подушки и залегают линзами или прослоями, которые прослеживаются вглубь суши на небольшие расстояния. Мощность прослоев не превышает 2 см (рис. 11). Зона осадконакопления не достигала границы зоны затопления и прослеживалась на удалении 130 до 470 м от уреза моря. Наиболее часто осаждение и захоронение отложений происходило в нижней части заболоченных долин в небольших понижениях за древними штормовыми валами.

Цунамигенные пески по гранулометрическому и минеральному составу отличаются от осадков осушки, пляжа и

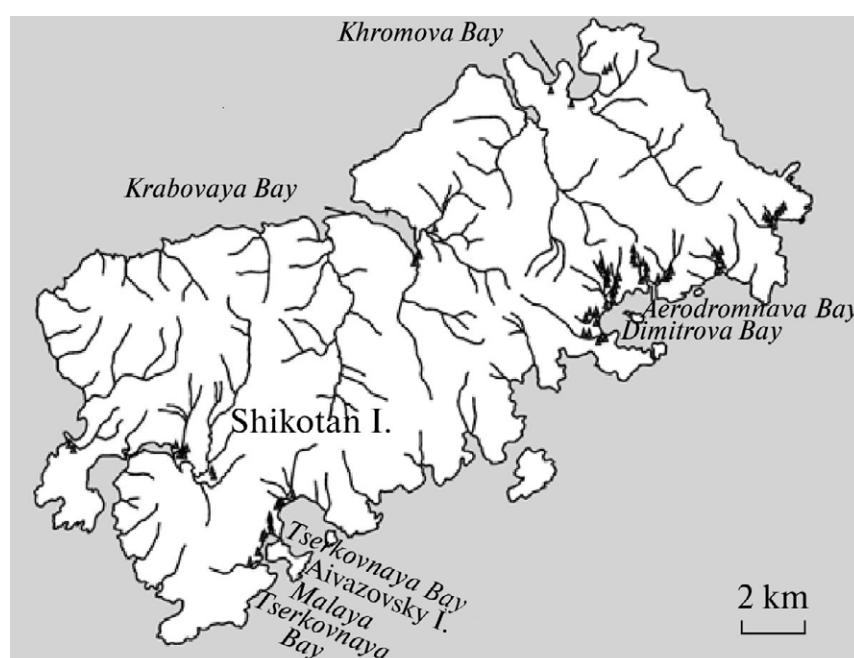


Рис. 10. Остров Шикотан [24].

Fig. 10. Shikotan Island [24].

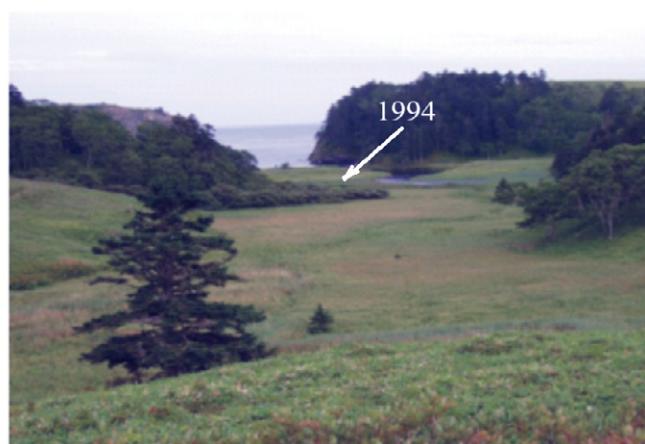


Рис. 11. Отложения цунами 1994 г. в разрезе торфяника бухты Аэродромная (север бухты Димитрова).
Фото Н.Г. Разжигаевой, 2004.

Fig. 11. Deposits of the 1994 tsunami in the section of the peat bog in the Aerodromnaya bay (Northern part of the Dimitrov bay).
Photo by N.G. Razjigaeva, 2004.

штормовых валов. Отложения цунами представляют собой смесь материалов, перенесенных волной из разных источников. Поступление материала шло в основном с подводного берегового склона и в меньшей степени – за счет эрозии древних штормовых валов и пляжа, иногда захватывался материал со дна небольших береговых озер, которые попадали в зону затопления. Сравнение гранулометрического состава осадков цунами 1994 г. и Тохоку цунами в бухте Малая Церковная показывает, что в осадках цунами 1994 г. больше крупных фракций и, как правило, они полимодальные. Это связано с тем, что проявления цунами 1994 г. были более сильными и вызвали большую эрозию, материал поставлялся из разных источников, в том числе перерабатывались склоновые отложения. Несмотря на то что отложения цунами и сильных штормов имеют одни и те же источники, их вклад в формирование осадков существенно различен: в отличие от штормов, цунами захватывает больше материала с подводного берегового склона. Как правило, штормовые осадки существенно грубее, часто содержат примесь гравия (до 66 %), практически не включают алеврита, присутствующего в осадках цунами (до 33 %), сортировка материала штормов лучше, чем осадков цунами [27]. Такая же закономерность была установлена при сравнении характеристик осадков цунами 1993 г. и шторма, связанного с прохождением в 1959 г. тайфуна Миакоджима (Miyakojima) на юго-западном побережье Хоккайдо [28].

Отложения цунами включают морские и пресноводные диатомеи разной экологии [15]. Среди морских форм преобладают солоновато-водные и морские сублиторальные виды, перенесенные с подводного берегового склона; неритические и океанические диатомеи встречаются в небольшом количестве. На участках берега, где происходила активная эрозия, створки сильно изломаны. Видовой состав диатомей свидетельствует о том, что волна цунами захватывала не только материал из прибрежной зоны, но и в ряде случаев воду и осадки береговых озер и створки раковин из приустьевой части ручьев, которые затапливались во время цунами.

Находки осадков цунами 1994 г. на ряде участков побережья, где не проводилось обследование сразу после цунами, позволили оценить параметры заплесков волн. Так, на побережье бухты Агатовая под дерном обнаружен слой мелковзернистого хорошо сортированного песка, прослеженный до 170 м вглубь суши. Далее по профилю найдено большое бревно, вследствие чего минимальный заплеск цунами оценен в ~5 м, зона затопления имела ширину до 250 м. На восточном побережье о. Танфильева цунамигенный песок обнаружен на удалении вглубь суши до 210 м, высота заплеска здесь была до 2.5 м. Высота цунами на побережье прол. Танфильева была также около 2–2.5 м, зона затопления 200–250 м. Полученные оценки сходны с результатами замеров параметров заплеска, проведенных во время

обследования сразу же после цунами: на островах Зеленый и Юрий высота заплесков достигала 3.5 м, зона затопления – 200 м [12].

Изучение отложений цунами 1994 г. имеет большое значение для реконструкции палеоцунами и понимания пространственных масштабов проявления цунами, проходивших в прошлом, оценки их заплесков и повторяемости. Другие региональные цунами в инструментальный период наблюдения, имевшие меньший масштаб, практически не отражены в геологической летописи, несмотря на высокие заплески на отдельных участках побережья (TL/ICMMG, <http://tsun.ssc.ru/gtdb/default.aspx>). В геологических разрезах ниже отложений цунами 1994 г. встречаются 1-2 прослоя песков исторического возраста, глубже выходит слой мегацунами XVII в., ярко проявившегося и на побережье Восточного Хоккайдо [28–30].

На всех обследованных участках побережья Южных Курил отложения цунами 1994 г. и предыдущих исторических событий имеют большое сходство по составу и отличаются от других фаций прибрежно-морской зоны – осадков пляжа, осушки, береговых валов и т.п. Это может свидетельствовать о подобии ситуаций на конкретных участках побережья при прохождении цунами, близких по интенсивности и захватывающих материал из одних источников.

Следует отметить, что отложения палеоцунами, которые встречаются в разрезах тихоокеанской стороны Малой Курильской гряды, лучше выражены, чем отложения цунами 1994 г., имеют большую мощность и образуют непрерывные покровы, протягивающиеся вглубь суши. Предполагается, что палеоцунами, оставившие выраженные покровы отложений, были гораздо более сильными событиями, чем исторические цунами.

Заключение

4(5) октября 1994 г. вблизи о. Шикотан (Южные Курильские острова) произошло одно из наиболее значимых цунамигенных землетрясений в истории этого региона. Транспортная изолированность Южных Курил и невозможность быстро восстановить многочисленные разрушенные здания в условиях

приближающейся зимы заставили принять решение об эвакуации населения. Шикотан покинуло около 70 % жителей острова. Масштаб разрушений и гибель людей в условиях бедственной ситуации в стране, характерной для 1990-х годов, вызвали резонанс в обществе в целом и научной среде в частности, а также в средствах массовой информации. Итогом уже через месяц стало принятие Правительством РФ Постановления № 1207 «Развитие Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений», которое сыграло важную роль в возрождении, расширении и развитии сети сейсмических наблюдений и службы предупреждения о цунами в стране. На особую роль землетрясения и цунами 1994 г. в жизни Дальнего Востока страны и науках о Земле указывает также закономерное появление первых обзорных публикаций уже к концу 1994 г., а в последующем – приуроченных к годовщинам этого события [13, 31, 32] (приложение к сборнику статей [31] содержит большой объем иллюстративного материала о проявлениях землетрясения и цунами 1994 г.).

Для сейсмического режима района Малой Курильской гряды характерно чередование периодов затишья и активности. Событие 4(5) октября 1994 г. было завершающим в цепочке сильных цунамигенных землетрясений с очагами в этом районе, стартовавшей в 1973 г. событием $M = 7.9$ (рис. 5). Этой цепочке событий в свою очередь предшествовал период длительного сейсмического затишья, наступившего после цунамигенного землетрясения 22.03.1894 г., $M = 8.8$ [4]. После события 1994 г. и до сих пор в этом районе снова наблюдается период относительного сейсмического затишья (отсутствие сильных цунамигенных землетрясений).

Изучение отложений цунами 1994 г. показало, что даже такое крупное региональное событие будет иметь фрагментарную запись в геологических разрезах и не совсем полно отражать весь масштаб этого события. Это следует учитывать при оценке древних событий на основе их записей в разрезах и реконструкции повторяемости мегацунами, имевших трансокеанический масштаб, поскольку данные об исторических и палеоцунами являются одной из основ для получения объективных оценок цунамиопасности в регионе.

Список литературы

1. Иващенко А.И., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А., Йех Г., Жукова Л.Д., Золотухина Н.Д., Кайстренко В.М., Като Л.Н., Клочков А.А., Королев Ю.П. и др. **1996.** Шикотанское цунами 5 октября 1994 г. *Доклады АН*, 348(4): 532–538.
2. Кособоков В.Г., Шебалин П.Н., Тихонов И.Н., Хили Дж.Х., Дьюи Дж.У. **1994.** Заблаговременный среднесрочный прогноз Шикотанского землетрясения 4 октября 1994 г. В кн.: *Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений: Информ.-аналит. бюл. ФССН*. М.: ОИФЗ РАН, с. 71–73.
3. Федотов С.А., Шумилина Л.С., Чернышева Г.В., Потапова О.В. **1994.** Долгосрочный сейсмический прогноз и развитие очага Шикотанского землетрясения 4 октября 1994 г. В кн.: *Федеральная система сейсмологических наблюдений и землетрясений: Информ.-аналит. бюл. ФССН*. М.: ОИФЗ РАН, с. 57–67.
4. Андреева М.Ю., Ким Ч.У. **2012.** *Землетрясения Курило-Камчатского региона (1737–2009 гг.)*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 384 с.
5. Tanioka Y., Ruff L., Satake K. **1995.** The great Kurile earthquake of October 4, 1994 tore the slab. *Geophysical Research Letters*, 22(13): 1661–1664. doi:10.1029/95GL01656
6. Hirata K., Satake K., Tanioka Y., Hasegawa Y. **2009.** Variable tsunami sources and seismic gaps in the Southernmost Kuril Trench: A review. *Pure and Applied Geophysics*, 166: 77–96. https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0064-4_5
7. Седаева О.С., Семакин В.П., Шевченко Г.В. **2012.** Вертикальные смещения земной поверхности по уровенным данным в районе Южных Курильских островов в связи с Шикотанским землетрясением 4(5).10.1994 г. *Тихоокеанская геология*, 31(6): 79–86.
8. Willis P., Boucher C., Fagard H., Garayt B., Gobinddass V-L. **2010.** Contributions of the French Institut Geographique National (IGN) to the International DORIS Service. *Advances in Space Research*, 45(12): 1470–1480. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2009.09.019>
9. Кузин С.П., Ораевская С.П., Сорокин Н.А. **2009.** DORIS – составная компонента глобальной системы геодезических наблюдений. *Геодезия и картография*, 5: 17–22.
10. Kaistrenko V., Vasilenko N., Willis P. **1998.** The great Shikotan earthquake and tsunami October 4, 1994 and Earth crust deformation detected by Topex-Poseidon. *Proceedings of Int. Conf. DORIS DAYS, CNES, Toulouse, France, 27–29 April, 1998.*
11. Кайстренко В.М., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А., Дыхан Г.С., Иващенко А.И., Йех Г., Като Л.Н., Клочков А.А., Пелиновский Е.Н., Предтеченский Г.С., Сасорова Е.В., Титов В.В., Харламов А.А., Шельтинг Е.В. **1997.** Проявление цунами 4 октября 1994 года на Шикотане. В кн.: Сергеев К.Ф. (ред.) *Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, с. 55–73. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; т. 8).
12. Королев Ю.П., Жукова Л.Д., Золотухина Н.Д., Клочков А.А., Куликов Е.А., Куркин В.Н., Кругляков А.А., Левин Б.В., Поплавский А.А., Терентьев Н.С. **1997.** Проявления цунами 4 октября 1994 года на побережье Курильских островов. В кн.: Сергеев К.Ф. (ред.) *Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, с. 74–92. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; т. 8).
13. Осень испытаний. К 30-летию Шикотанского землетрясения 1994 года. URL: <https://giaso.ru/scientific-work/exhibition/autumn-trials.html> (дата обращения: 15.09.2025).
14. Кайстренко В.М. **1997.** Моретрясения 4 октября 1994 года. В кн.: Сергеев К.Ф. (ред.) *Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, с. 103–104. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; т. 8).
15. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Ильев А.Я., Кайстренко В.М. **2007.** Осадки цунами Шикотанского землетрясения 1994 г. *Океанология*, 47(4): 622–630. <https://doi.org/10.1134/S0001437007040157>
16. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Кайстренко В.М., Гребенникова Т.А., Харламов А.А. **2015.** Осадки Шикотанского цунами 1994 г. В кн.: И.Н. Тихонов, Г.В. Шевченко (сост.) *Шикотанское землетрясение и цунами 4(5) октября 1994 года. Хроника событий, анализ последствий и современное состояние проблемы*. Изд. 2-е, доп. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, с. 78–82.
17. MacInnes B.T., Bourgeois J., Pinegina T.K., Kravchunovskaya E.A. **2009.** Tsunami geomorphology: Erosion and deposition from the 15 November 2006 Kuril Island tsunami. *Geology*, 37: 995–998. doi:10.1130/G30172A.1
18. MacInnes B.T., Pinegina T.K., Bourgeois J., Razhigaeva N.G., Kaistrenko V.M., Kravchunovskaya E.A. **2009.** Field survey and geological effects of the 15 November 2006 Kuril tsunami in the Middle Kuril Islands. In: Cummins P.R., Satake K., Kong L.S.L. (eds) *Tsunami science four years after the 2004 Indian Ocean tsunami. Pageoph Topical Volumes*. Basel: Birkhäuser Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0064-4_2
19. MacInnes B., Kravchunovskaya E., Pinegina T., Bourgeois J. **2016.** Paleotsunamis from the central Kuril Islands segment of the Japan-Kuril-Kamchatka subduction zone. *Quaternary Research*, 86(1): 54–66. <https://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2016.03.005>

20. Razjigaeva N.G., Ganzev L.A., Grebennikova T.A., Ivanova E.D., Kharlamov A.A., Kaistrenko V.M., Shishkin A.A. **2013.** Coastal sedimentation associated with the Tohoku tsunami of 11 March 2011 in South Kuril Islands, NW Pacific Ocean. *Pure and Applied Geophysics*, 170: 1081–1102. <https://doi.org/10.1007/s00024-012-0478-4>
21. Razjigaeva N.G., Ganzev L.A., Grebennikova T.A., Ivanova E.D., Kharlamov A.A., Kaistrenko V.M., Arslanov Kh.A., Chernov S.B. **2014.** The Tohoku tsunami of 11 March 2011: The key event to understanding tsunami sedimentation on the coasts of closed bays of the Lesser Kuril Islands. *Tsunamis in the Pacific Ocean: 2011–2012. Pure and Applied Geophysics*, 171(12): 3307–3328. <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0794-y>
22. Иванов В.В. **1997.** Исследование влияния цунами на осадконакопление по следам цунами 4 октября 1994 года. В кн.: Сергеев К.Ф. (ред.) *Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России*. Южно-Сахалинск: ИМГИГ ДВО РАН, с. 119–128. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; т. 8).
23. Yeh H., Titov V., Gusiakov V., Pelinovsky E., Khramushin V., Kaistrenko V. **1995.** The 1994 Shikotan earthquake tsunamis. *Pure and Applied Geophysics*, 144(3-4): 855–874. <https://doi.org/10.1007/BF00874398>
24. Кайстренко В.М. **2019.** Особенности использования данных о палеоцунами для оценок цунамиопасности. *Геосистемы переходных зон*, 3(4): 403–416. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.4.403-416>
25. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Кайстренко В.М., Арсланов Х.А., Горбунов А.О. **2012.** Проявление палеоцунами на Малой Курильской гряде в голоцене. *Тихоокеанская геология*, 31(6): 48–56.
26. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Лоскутов А.В., Булгаков Р.Ф. **2023.** Геологические свидетельства проявления сильных цунами на побережье острова Итуруп (Курильские острова) за последние 3500 лет. *Геосистемы переходных зон*, 7(4): 357–374. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2023.7.4.357-374>
27. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Харламов А.А., Ивельская Т.Н. **2010.** Экстремальные штормы 2006–2007 гг. на о. Шикотан: воздействие на прибрежный рельеф и осадки. *Океанология*, 50(3): 458–467.
28. Nanayama F., Shigeno K., Satake K., Shimokawa K., Koitabashi S., Miyasaka S., Ishii M. **2000.** Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan. *Sedimentary Geology*, 135: 255–264. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00076-2)
29. Nanayama F. **2021.** Evidence of giant earthquakes and tsunamis of the seventeenth-century type along the southern Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan: a review. In: Dilek Y., Ogawa Y., Okubo Y. (eds) *Characterization of modern and historical seismic-tsunamic events, and their global-societal impacts*. Geological Society, London, Special Publications, 501: 131–157. <https://doi.org/10.1144/SP501-2019-99>
30. Atwater B.F., Furakawa R., Hemphill-Haley E., Ikeda Y., Kashima K., Kawase K., Kelsey H.M., Moore A.L., Nanayama F., Nishimura Y., Odagiri S., Ota Y., Park S.-C., Satake K., Sawai Y., Shimokawa K. **2004.** Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, 14: 487–501. <https://doi.org/10.1191/0959683604hl726gr>
31. Шикотанское землетрясение и цунами 4 (5) 1994 года. Хроника событий, анализ последствий и современное состояние проблемы: сб. ст. **2015.** Изд. 2-е, доп. Южно-Сахалинск: ИМГИГ ДВО РАН, 128 с.
32. Сидорин А.Я. **2020.** Шикотанское землетрясение 1994 г. и его влияние на развитие российской сейсмологии. *Сейсмические приборы*, 56(1): 76–84. <https://doi.org/10.21455/si2020.1-7>

References

1. Ivashchenko A.I., Gusyakov V.K., Dzhamagaliev V.A., Yeh G., Zhukova L.D., Zolotukhina N.D., Kaistrenko V.M., Kato L.N., Klochkov A.A., Korolev Yu.P., et al. **1996.** The Shikotan tsunami of October 5, 1994. *Transactions (Doklady of the Russian Academy of Sciences). Earth Science Sections*, 348(4): 693–699.
2. Kossobokov V.G., Shebalin P.N., Tikhonov I.N., Healy J.H., Dewey J.W. **1994.** [Advance medium-term forecast of the Shikotan earthquake of October 4, 1994]. In: *Federal System of Seismological Observations and Earthquake Forecasting: Information and Analytical Bulletin of the FOEF*. Moscow: OIFE RAS, p. 71–73. (In Russ.).
3. Fedotov S.A., Shumilina L.S., Chernysheva G.V., Potapova O.V. **1994.** [Long-term seismic forecast and development of the Shikotan earthquake of October 4, 1994]. In: *Federal System of Seismological Observations and Earthquake Forecasting: Information and Analytical Bulletin of the FOEF*. Moscow: OIFE RAS, p. 57–67. (In Russ.).
4. Andreeva M.Yu., Kim Ch.U. **2012.** *Earthquakes of the Kuril-Kamchatka region (1737–2009)*. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, 384 p. (In Russ.).
5. Tanioka Y., Ruff L., Satake K. **1995.** The great Kurile earthquake of October 4, 1994 tore the slab. *Geophysical Research Letters*, 22(13): 1661–1664. doi:10.1029/95GL01656
6. Hirata K., Satake K., Tanioka Y., Hasegawa Y. **2009.** Variable tsunami sources and seismic gaps in the Southernmost Kuril Trench: A review. *Pure and Applied Geophysics*, 166: 77–96. https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0064-4_5
7. Sedaeva O.S., Semakin V.P., Shevchenko G.V. **2012.** Vertical displacements of the Earth's surface from level

- data in the South Kuril Islands in relevance to the Shikotan earthquake of October 4(5), 1994. *Russian Journal of Pacific Geology*, 31(6): 79–86. (In Russ.).
8. Willis P., Boucher C., Fagard H., Garayt B., Gobindass V-L. **2010.** Contributions of the French Institut Géographique National (IGN) to the International DORIS Service. *Advances in Space Research*, 45(12): 1470–1480. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2009.09.019>
 9. Kuzin S.P., Oraevskaya S.P., Sorokin N.A. **2009.** [DORIS, an integral component of the global geodetic observation system]. *Geodesy and Cartography*, 5: 17–22. (In Russ.).
 10. Kaistrenko V., Vasilenko N., Willis P. **1998.** The great Shikotan earthquake and tsunami October 4, 1994 and Earth crust deformation detected by Topex-Poseidon. *Proceedings of Int. Conf. DORIS DAYS, CNES, Toulouse, France*, 27–29 April, 1998.
 11. Kaistrenko V.M., Gusyakov V.K., Dzhumagaliev V.A., Dykhan G.S., Ivashchenko A.I., Yeh G., Kato L.N., Klochkov A.A., Pelinovsky E.N., Predtechensky G.S., Sasorova E.V., Titov V.V., Kharlamov A.A., Shelling E.V. **1997.** Tsunami manifestation of October 4, 1994 in Shikotan Island. In: Sergeev K.F. (ed.) *Concrete tsunami manifestation. Tsunamis of 1993 and 1994 on the Russian coast*. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, p. 55–73 (Geodynamics of tectonosphere of the Pacific-Eurasia conjunction zone; vol. 8). (In Russ.).
 12. Korolev Yu.P., Zhukova L.D., Zolotukhina N.D., Klochkov A.A., Kulikov E.A., Kurkin V.N., Kruglikov A.A., Levin B.V., Poplavsky A.A., Terentyev N.S. **1997.** The aftereffects of 4 October 1994 tsunami on the shore of Kuril Islands. In: Sergeev K.F. (ed.) *Concrete tsunami manifestation. Tsunamis of 1993 and 1994 on the Russian coast*. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, p. 74–92. (Geodynamics of tectonosphere of the Pacific-Eurasia conjunction zone; vol. 8). (In Russ.).
 13. [Autumn of trials: On the 30th anniversary of the 1994 Shikotan earthquake]. URL: <https://giaso.ru/scientific-work/exhibition/autumn-trials.html> (accessed 15.09.2025). (In Russ.).
 14. Kaistrenko V.M. **1997.** The seaquake of 4 October, 1994. In: Sergeev K.F. (ed.) *Concrete tsunami manifestation. Tsunamis of 1993 and 1994 on the Russian coast*. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, p. 103–104. (Geodynamics of tectonosphere of the Pacific-Eurasia conjunction zone; vol. 8). (In Russ.).
 15. Razzhigaeva N.G., Ganzei L.A., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A., Il'ev A.Y., Kaistrenko V.M. **2007.** Tsunami deposits of the Shikotan earthquake of 1994. *Oceanology*, 47: 579–587, <https://doi.org/10.1134/S0001437007040157>
 16. Razzhigaeva N.G., Gansey L.A., Kaistrenko V.M., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A. **2015.** [Sediments of the 1994 Shikotan tsunami]. In: I.N. Tikhonov, G.V. Shevchenko (comp.). *The 4(5) October 1994 Shikotan earthquake and tsunami. Chronicle of events, analysis of impact and current state of the art*. Special issue. 2nd ed., expanded. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, p. 78–82. (In Russ.).
 17. MacInnes B.T., Bourgeois J., Pinegina T.K., Kravchunovskaya E.A. **2009.** Tsunami geomorphology: Erosion and deposition from the 15 November 2006 Kuril Island tsunami. *Geology*, 37: 995–998. doi:10.1130/G30172A.1
 18. MacInnes B.T., Pinegina T.K., Bourgeois J., Razhigaeva N.G., Kaistrenko V.M., Kravchunovskaya E.A. **2009.** Field survey and geological effects of the 15 November 2006 Kuril tsunami in the Middle Kuril Islands. In: Cummins P.R., Satake K., Kong L.S.L. (eds) *Tsunami science four years after the 2004 Indian Ocean tsunami. Pageoph Topical Volumes*. Basel: Birkhäuser Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0064-4_2
 19. MacInnes B., Kravchunovskaya E., Pinegina T., Bourgeois J. **2016.** Paleotsunamis from the central Kuril Islands segment of the Japan-Kuril-Kamchatka subduction zone. *Quaternary Research*, 86(1): 54–66. <https://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2016.03.005>
 20. Razjigaeva N.G., Ganzei L.A., Grebennikova T.A., Ivanova E.D., Kharlamov A.A., Kaistrenko V.M., Shishkin A.A. **2013.** Coastal sedimentation associated with the Tohoku tsunami of 11 March 2011 in South Kuril Islands, NW Pacific Ocean. *Pure and Applied Geophysics*, 170: 1081–1102 <https://doi.org/10.1007/s00024-012-0478-4>
 21. Razjigaeva N.G., Ganzei L.A., Grebennikova T.A., Ivanova E.D., Kharlamov A.A., Kaistrenko V.M., Arslanov Kh.A., Chernov S.B. **2014.** The Tohoku tsunami of 11 March 2011: The key event to understanding tsunami sedimentation on the coasts of closed bays of the Lesser Kuril Islands. *Tsunamis in the Pacific Ocean: 2011–2012. Pure and Applied Geophysics*, 171(12): 3307–3328. <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0794-y>
 22. Ivanov V.V. **1997.** The investigation of tsunami action on sedimentation by using the traces of October 4, 1994 tsunami. In: Sergeev K.F. (ed.) *Concrete tsunami manifestation. Tsunamis of 1993 and 1994 on the Russian coast*. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, p. 119–128. (Geodynamics of tectonosphere of the Pacific-Eurasia conjunction zone; vol. 8). (In Russ.).
 23. Yeh H., Titov V., Gusiakov V., Pelinovsky E., Khramushin V., Kaistrenko V. **1995.** The 1994 Shikotan earthquake tsunamis. *Pure and Applied Geophysics*, 144(3–4): 855–874. <https://doi.org/10.1007/BF00874398>
 24. Kaistrenko V.M. **2019.** Peculiarity of using the paleotsunami data for the tsunami hazard estimation. *Geosystems of Transition Zones*, 3(4): 403–416. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.4.403-416>
 25. Razzhigaeva N.G., Ganzei L.A., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A., Kaistrenko V.M., Arslanov Kh.A., Gorbunov A.O. **2012.** Manifestation of Holocene Tsunamis on the Lesser Kuril Ridge. *Russian Journal of Pacific Geology*, 6(6): 448–456.

26. Razjigaeva N.G., Ganzev L.A., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A., Loskutov A.V., Bulgakov R.F. **2023**. Geological evidence of strong tsunami manifestations on the Iturup Island (Kuril Islands) at last 3500 years. *Geosystems of Transition Zones*, 7(4): 357–374. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2023.7.4.357-374>
27. Ganzev L.A., Razzhigaeva N.G., Harlamov A.A., Ivel'skaya T.N. **2010**. Extreme storms in 2006–2007 on Shikotan Island and their impact on the coastal relief and deposits. *Oceanology*, 50(3): 425–434.
28. Nanayama F., Shigeno K., Satake K., Shimokawa K., Koitabashi S., Miyasaka S., Ishii M. **2000**. Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan. *Sedimentary Geology*, 135: 255–264. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00076-2)
29. Nanayama F. **2021**. Evidence of giant earthquakes and tsunamis of the seventeenth-century type along the southern Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan: a review. In: Dilek Y., Ogawa Y., Okubo Y. (eds) *Characterization of modern and historical seismic-tsunamic events, and their global-societal impacts*. Geological Society, London, Special Publications, 501: 131–157. <https://doi.org/10.1144/SP501-2019-99>
30. Atwater B.F., Furakawa R., Hemphill-Haley E., Ikeda Y., Kashima K., Kawase K., Kelsey H.M., Moore A.L., Nanayama F., Nishimura Y., Odagiri S., Ota Y., Park S.-C., Satake K., Sawai Y., Shimokawa K. **2004**. Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, 14: 487–501. <https://doi.org/10.1191/0959683604hl726rp>
31. *The 4(5) October 1994 Shikotan earthquake and tsunami. Chronicle of events, analysis of impact and current state of the art*. Special issue. **2015**. 2nd ed., expanded. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, 128 p. (In Russ.).
32. Sidorin A.Ya. **2020**. The 1994 Shikotan earthquake and its effects on the development of Russian seismology. *Seismic instruments*, 56(1): 76–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.21455/si2020.1-7>

Об авторах

Кайстренко Виктор Михайлович (<https://orcid.org/0000-0003-1026-2509>), доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории цунами, Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия, vict-k@mail.ru

Виллис Паскаль (<https://orcid.org/0000-0002-3257-0679>), доктор наук, старший научный сотрудник, Управление исследований и обучения, Институт физики Земли, Париж, Иль-де-Франс, Франция, pascal.willis@ign.fr

Разжигаева Надежда Глебовна (<https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>), доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия, nadyar@tigdvo.ru;

Ганзей Лариса Анатольевна (<https://orcid.org/0000-0002-2538-6603>), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия, lganzey@mail.ru

Шевченко Георгий Владимирович (<https://orcid.org/0000-0003-0785-4618>), доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией океанографии, Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия, shevchenko_zhora@mail.ru

Королев Юрий Павлович (<https://orcid.org/0000-0002-7068-7341>), кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории цунами, Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия, Yu_P_K@mail.ru

Поступила 19.10.2025

Принята к публикации 21.11.2025

About the Authors

Kaistrenko, Victor M. (<https://orcid.org/0000-0003-1026-2509>), Doctor of Physics and Mathematics, Leading Researcher, Tsunami laboratory, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, vict-k@mail.ru

Willis, Pascal (<https://orcid.org/0000-0002-3257-0679>), PhD, Senior Researcher (Direction de la Recherche et de l'Enseignement), Institut de Physique du Globe de Paris: Paris, Île-de-France, France, pascal.willis@ign.fr

Razjigaeva, Nadezhda G. (<https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>), Doctor of Geography, Principal Researcher, Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia, rnadyar@tigdvo.ru

Ganzev, Larisa A. (<https://orcid.org/0000-0002-2538-6603>), Cand. Sci. (Geography), Leading Researcher, Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia, lganzey@mail.ru

Shevchenko, Georgy V. (<https://orcid.org/0000-0003-0785-4618>), Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Oceanography laboratory, Sakhalin Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhalinNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, shevchenko_zhora@mail.ru

Korolev, Yury P. (<https://orcid.org/0000-0002-7068-7341>), Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Leading Researcher, Tsunami laboratory, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, Yu_P_K@mail.ru

Received 19 October 2025

Accepted 21 November 2025