

## ПРОЯВЛЕНИЕ ПАЛЕОЦУНАМИ НА МАЛОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЕ В ГОЛОЦЕНЕ

*Н.Г. Разжигаева<sup>1</sup>, Л.А. Ганзей<sup>1</sup>, Т.А. Гребенникова<sup>1</sup>, А.А. Харламов<sup>2</sup>,  
В.М. Кайстренко<sup>3</sup>, Х.А. Арсланов<sup>4</sup>, А.О. Горбунов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041;  
e-mail: [nadyar@tig.dvo.ru](mailto:nadyar@tig.dvo.ru)

<sup>2</sup>ФГБУН Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, Нахимовский пр-т 36, г. Москва, 117997

<sup>3</sup>ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский университет, Университетская наб. д. 7–9, г. Санкт-Петербург, 199034

Поступила в редакцию 26 марта 2012 г.

Представлены данные по проявлению палеоцунами на отдельных о-вах из группы Малой Курильской гряды, проанализированы особенности осадконакопления во время прохождения разных по интенсивности цунами, определен возраст наиболее значимых событий, установлена их повторяемость в среднем-позднем голоцене.

**Ключевые слова:** палеоцунами, цунамигенные осадки, возраст и повторяемость цунами, голоцен, Малая Курильская гряда.

### ВВЕДЕНИЕ

Катастрофические цунами последних лет, произошедшие в Индийском и Тихом океане, приведшие к многочисленным жертвам и вызвавшие большие разрушения, еще раз заставили задуматься, насколько часто происходят такие события и каков их возможный масштаб на побережьях разного типа. Недостаточное количество исторических наблюдений не позволяет получить надежные данные по повторяемости катастрофических цунами, выявить их характер, особенности воздействия на природную среду и развитие берегов. Единственным способом получения данных о сильнейших цунами для длительных промежутков времени являются геологические методы выявления следов палеоцунами, запечатленных в голоценовых разрезах в виде прослоев морского песка, простирающихся далеко за пределы зоны штормового воздействия. Большой интерес для реконструкции проявления палеоцунами в районе Курильских о-вов представляет Малая Курильская гряда, поскольку она максимально приближена к склону Курило-Камчатского желоба, где расположено большинство эпицентров землетрясений, вызывающих цунами. Инструментальные записи с измерением характеристик цунами проводились здесь лишь со второй половины XX в. [6, 15,

16], поэтому особую актуальность имеет изучение проявлений палеоцунами, оставивших следы в разрезах голоценовых отложений, позволяющее определить возраст и повторяемость крупных событий за последние сотни-тысячи лет.

Последним наиболее сильным событием, проявившимся на Малых Курилах, было цунами, вызванное Шикотанским землетрясением 1994 г., максимальные величины заплеска (до 15 м) были зафиксированы на тихоокеанской стороне о. Шикотан [5, 7, 9]. Крупное цунами, которое произошло на Курильских о-вах в результате Симуширского землетрясения 15 ноября 2006 г. с максимальными заплесками до 20 м, зафиксированными на Центральных Курилах [10, 18], на Малой Курильской гряде ярко не проявилось и не оставило осадков. Тохоку цунами 11 марта 2011 года достигло Южных Курил, заплески на Малой Курильской гряде, как правило, не превышали 2.5–3.5 м [8]. Покровы осадков были образованы только в закрытых бухтах, где эрозии и переносу материала способствовал взломанный цунами лед, покрывавший акватории бухт.

Изучение палеоцунами на Курильских о-вах проводится рядом исследователей [2, 3, 13, 12, 14, 17, 18]. Цель настоящей работы – обобщить данные по осадкам палеоцунами из голоценовых разрезов

Малой Курильской гряды для определения возраста и повторяемости наиболее крупных событий.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы по реконструкции интенсивности палеоцунами положено комплексное изучение разрезов торфяников и озерных отложений по профилям от уреза воды вглубь суши. Обследовалось побережье бухт разной конфигурации, по-разному ориентированных к возможному подходу волн цунами, основное внимание уделялось тихоокеанскому побережью островов (рис. 1). Реконструкция некоторых параметров цунами (высота и дальность заплеска) проводилась на основании гипсометрических данных по залеганию осадков с учетом положения палеоуровня моря и высоты форм рельефа, которые должны были затапливаться, и удаленности следов палеоцунами от современного уреза или предполагаемой древней береговой линии. Высотные привязки определялись с помощью нивелирования. Для определения происхождения осадков наряду с литолого-фациальными методами использовался диатомовый анализ. Возрастная привязка и корреляции событий основана на результатах радиоуглеродного датирования вмещающих органогенных отложений (ГИН РАН и СПбГУ) и на данных тефростратиграфии. На Малой Курильской гряде установлено присутствие маркирующих пеплов вулканов о-ва Хоккайдо: Тарумаи – Та-а (1739 г.), Та-с (2.3 кал. тыс. л.н.), Комагатаке – Ко-с1 (1856 г.), Ко-с2 (1694 г.), Масю – Ма-d (3.6 кал. тыс. л.н.), Ма-i-g (7.5 кал. тыс. л.н.), одного из вулканов группы Раусидаке-Сиретоко (2 кал. тыс. л.н.) и влк. Тятя о-ва Кунашир (1.5 тыс. л.н. и последнего извержения 1973 г.) [11, 13].

#### ПРОЯВЛЕНИЕ ПАЛЕОЦУНАМИ НА МАЛЫХ КУРИЛАХ

Малая Курильская гряда представляет собой остатки обширного сухопутного моста, соединявшего Южные Курилы с о-вом Хоккайдо, полный распад которого на отдельные острова произошел в среднем голоцене [1]. К началу голоцена уровень моря был на отметках – 30 м, поэтому на побережье островов мы можем найти только следы цунами, произошедших последние 6–7 тыс. л.н., когда уровень моря стал близок к современному.

Острова Малой Курильской гряды являются весьма информативными объектами для изучения проявления палеоцунами. В голоцене вплоть до настоящего времени этот район является областью тектонического погружения, что обуславливает сильную заболоченность побережья и нижних частей речных долин. Небольшие острова, расположенные на юге

гряды, имеют уплощенный рельеф, практически вся их поверхность сильно заболочена, образование торфяников здесь началось в конце плейстоцена. Развитие длительно существующих торфяников дает возможность детально восстановить геологическую летопись проявления цунами на отдельные временные срезы голоцена. Ниже приводятся данные по проявлению палеоцунами, запечатленных в геологических разрезах отдельных островов.

**Остров Шикотан.** На о-ве обнаружено наибольшее количество слоев цунамигенных песков, которые хорошо прослеживаются по простираению вглубь суши [13]. Поиск следов палеоцунами проводился как на тихоокеанском побережье острова, так и со стороны Южно-Курильского пролива. Наиболее подробная летопись исторических цунами зафиксирована в разрезах торфяников на побережье бух. Малая Церковная, закрытой от прямого воздействия океана островом Айвазовского. Здесь обнаружено до 5 прослоев морского песка, залегающих выше прослоев вулканических пеплов Ко-с2 (1694 г.) влк. Комагатаке и Та-а (1739 г.) влк. Тарумаи. Возрастную привязку исторических цунами, оставивших осадки, можно сделать только предположительно. В кровле разрезов залегает песок Шикотанского цунами 1994 г., ниже выходят осадки наиболее сильных цунами, произошедших за последние 300–400 лет. В XX веке на Шикотане наиболее ярко (высота заплеска – 5 м) проявились цунами 1958, 1960, 1975, 1994 гг. [4, 6, 7, 9, 15, 16]. В XIX веке в районе Восточного Хоккайдо было несколько сильных землетрясений, сопровождавшихся цунами: в 1843 (цунами Токачи-оки), 1893, 1896 гг. [21]. Возможно, в разрезах торфяников бух. Малая Церковная зафиксированы следы этих событий.

Структурные характеристики осадков исторических цунами свидетельствуют, что материал поступал, в основном, с подводного берегового склона. Материал, переработаемый цунами, обычно более мелкий, чем на осушке, довольно высока примесь алеврита (до 39 %), присутствуют фракции < 0.05 мм (до 6 %) (рис. 2). Гранулометрические кривые распределения одномодальные или представляют собой смесь двух одномодальных распределений с близко расположенными модами, часто встречаются пески с бимодальными кривыми распределения (0.1–0.125, 0.16–0.2 мм). В некоторых случаях модальные фракции у цунамигенных песков те же, что и у осадков осушки (0.16–0.2 мм), но сортировка материала, отлагаемого цунами более низкая, присутствуют как “хвосты” тонких, так и грубых фракций. В отличие от осадков осушки, кривые распределения цунамигенных песков асимметричны. В южной части бух. Малая Церковная в разрезе торфяника в верши-

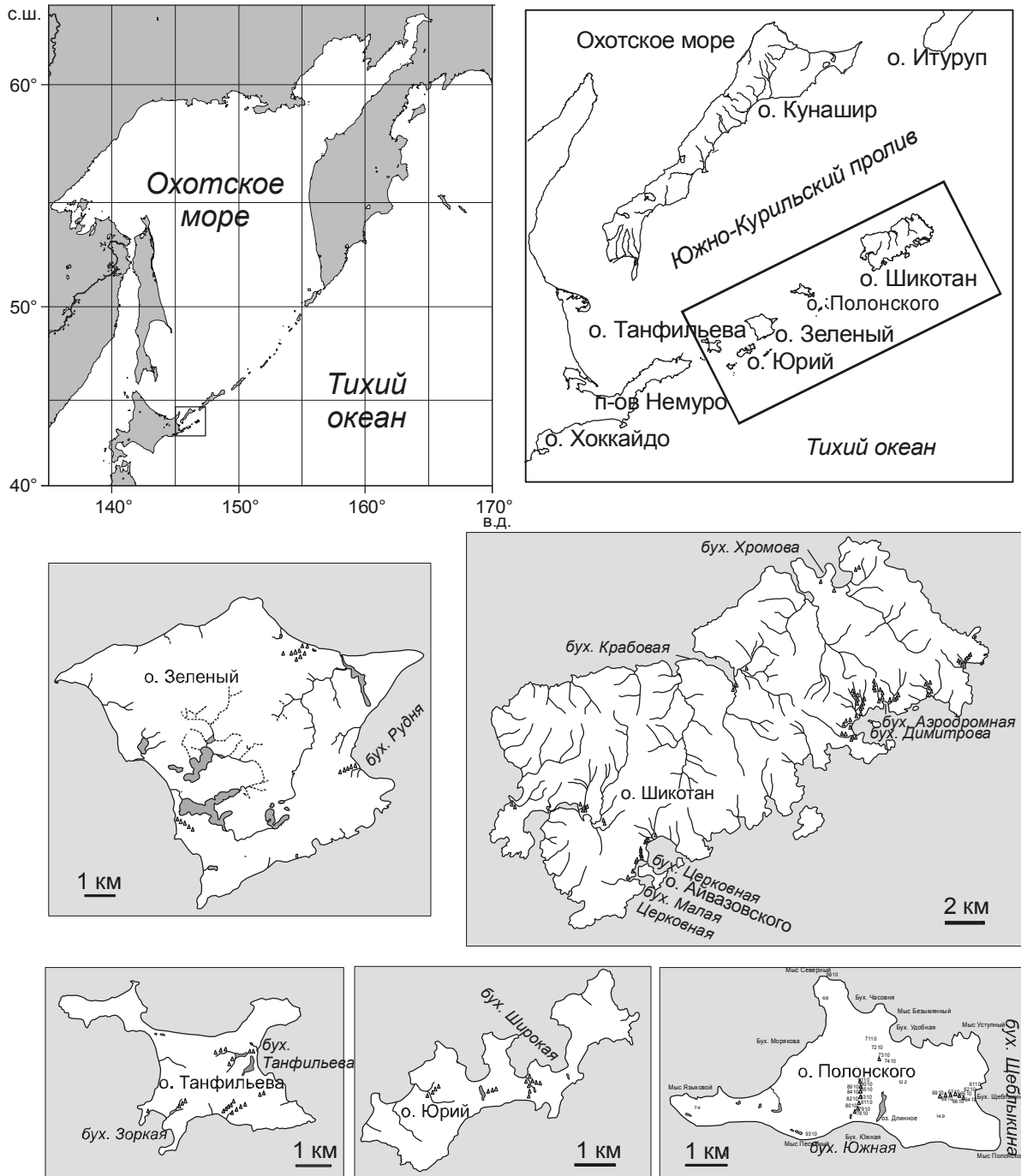
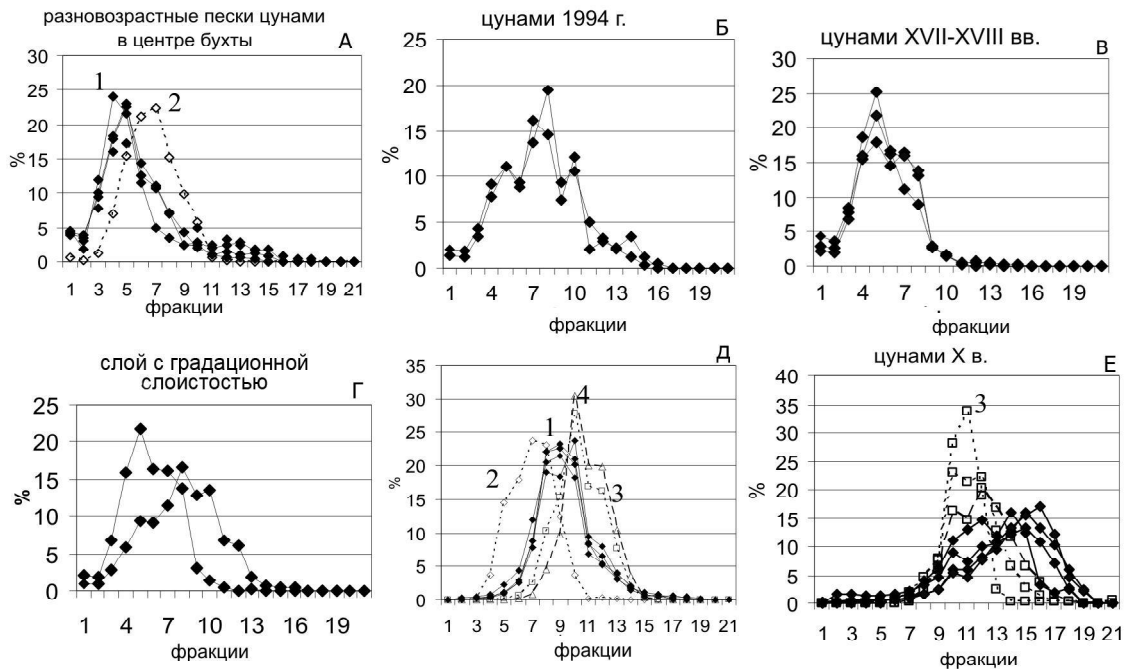


Рис. 1. Схема района работ.

не небольшой глубоковрезанной бухты цунамигенные пески имеют и полимодальные кривые распределения, появляются более крупные моды в области 0.4–0.315 и 0.8–1 мм, вероятно, часть материала поступала с бортов бухты и из пролива между о-вами Шикотан и Айвазовского, открытого к океану. В слоях с градационной слоистостью в основании слоя или серии повторяющихся слоев содержание алеври-

та в два раза ниже, есть примесь гравия, в кровле слоя отмечено перераспределение содержания модальных фракций при сохранении их размерности. Вероятно, осадки формировались при длительном стоянии воды во время затопления берега. Различия в гранулометрических характеристиках песков, оставленных разновозрастными цунами в одном и том же разрезе, отражают различные условия седимента-



**Рис. 2.** Гранулометрические кривые распределения осадков цунами и других прибрежно-морских фаций.

А–Г – бух. Малая Церковная, о. Шикотан; Д – о. Полонского; Е – о. Танфильева. Осадки: 1 – цунами, 2 – осушки, 3 – пляжа, 4 – штормового вала. Фракции: 1 – < 0.05; 2 – 0.05–0.063; 3 – 0.063–0.08; 4 – 0.8–0.1; 5 – 0.1–0.125; 6 – 0.125–0.16; 7 – 0.16–0.2; 8 – 0.2–0.25; 9 – 0.25–0.315; 10 – 0.315–0.4; 11 – 0.4–0.5; 12 – 0.5–0.63; 13 – 0.63–0.8; 14 – 0.8–1; 15 – 1–1.25; 16 – 1.25–1.6; 17 – 1.6–2; 18 – 2–3; 19 – 3–4; 20 – 4–5; 21 > 5 мм.

ции, связанные с параметрами волн, углом подхода, ходом эрозионно-аккумулятивных процессов во время затопления берега, наличием в береговой зоне аккумулятивных форм, интенсивностью обратного потока и другими факторами.

Диатомовая флора, обнаруженная в прослоях цунамигенных песков, включает 92 формы пресноводных диатомовых и 65 морских и солоноватоводных, представленных океаническими, неритическими и сублиторальными видами. Количественное содержание морских и солоноватоводных диатомовых колеблется от 21.6 до 76 %. Основная часть видов являются представителями аркто- и северо-бореальной групп, южно-бореальных встречено всего 6 видов. Преобладают сублиторальные бентические виды, участие планктонных форм, включая океанические, неритические и сублиторальные, незначительно и не превышает 6%. Пресноводные диатомовые из вмещающих торфянистых алевролитов насчитывают 61 таксон и включают представителей бентоса (36 форм) и видов обрастаний (25). По обилию створок существенно преобладают бентосные формы (до 84 %). Характер распределения видов и их содержание меняется по разрезу незначительно и, в целом, отвечает условиям слабо заболоченной поймы. В небольшом количестве присутствуют и морские

виды, занесенные за счет просачивания воды во время цунами.

На побережье небольшой закрытой бухты Аэродромная, входящей в бух. Димитрова, предположительно найдены осадки цунами Токачи-оки, где в разрезе торфяника в 570 м от уреза на высоте около 4 м обнаружен прослой морского песка между линзами вулканических пеплов Ко-с2 (1694 г.), Ко-с1 (1856 г.). Вероятно, в разрезах фиксируются следы цунами XVII в., на Восточном Хоккайдо найдены следы двух цунами XVII в. одно из которых (Кейчо Санрику-оки) было катастрофическим [19, 21].

На о-ве Шикотан из торфа, залегающего под верхним прослоем цунамигенных песков, который прослеживается вглубь суши, в разрезах на побережье разных бухт получены  $^{14}\text{C}$ -даты:  $400 \pm 60$  л.н.,  $440 \pm 80$  кал. л.н., ЛУ-6321;  $280 \pm 40$  л.н.,  $370 \pm 60$  кал. л.н., ЛУ-6322;  $260 \pm 80$  л.н.,  $300 \pm 140$  кал. л.н., ЛУ-6116;  $290 \pm 80$  л.н.,  $330 \pm 130$  кал. л.н., ЛУ-5764. Зона затопления была не менее 0.7 км при высоте заплеска более 5 м.

Максимальное количество прослоев цунамигенных песков средне-позднеголоценового возраста найдено на побережье бух. Димитрова. Здесь на побережье бух. Аэродромная в отложениях барьерного палеозера и торфяниках обнаружено до 22 просло-

ев, оставленных цунами в позднем голоцене и до 18 прослоев цунамигенных песков, образованных в среднем голоцене. Вероятно, в разрезах фиксируются следы наиболее сильных цунами (с высотой заплеска более 5 м).

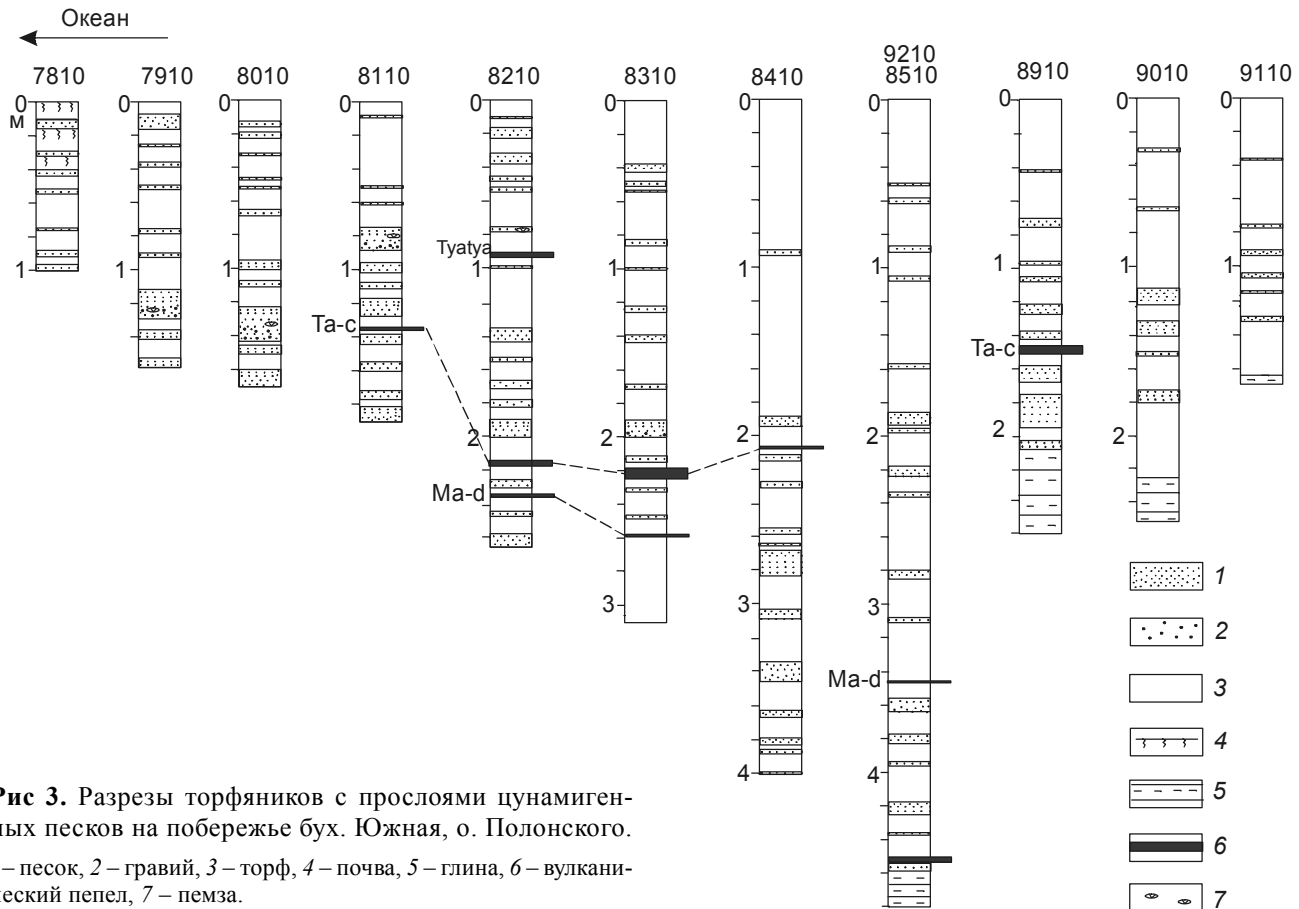
В тыловых частях береговых низменностей в разрезах торфяников фиксируются только наиболее сильные цунами. За последние 2.5 тыс. лет можно выделить цунами, произошедшие около 700 л.н. ( $^{14}\text{C}$ -даты:  $670 \pm 70$  л.н.,  $640 \pm 60$  кал. л.н., ЛУ-5932;  $790 \pm 60$  л.н.,  $740 \pm 50$  кал. л.н., ЛУ-6143), около 1 тыс. л.н. ( $1060 \pm 50$  л.н.,  $1000 \pm 50$  кал. л.н., ЛУ-5762;  $1000 \pm 80$  л.н.,  $920 \pm 90$  кал. л.н., ЛУ-5761;  $870 \pm 90$  л.н.,  $820 \pm 90$  кал. л.н., ЛУ-5755;  $970 \pm 90$  л.н.,  $890 \pm 90$  кал. л.н., ЛУ-5922;  $1120 \pm 80$  л.н.,  $1070 \pm 90$  кал. л.н., ЛУ-5766;  $1030 \pm 80$  л.н.,  $950 \pm 100$  кал. л.н., ЛУ-6578), около 1.5 тыс. л.н. ( $1490 \pm 50$  л.н., ГИН-13026;  $1440 \pm 130$  л.н.,  $1370 \pm 130$  кал. л.н., ЛУ-6114), около 2 тыс. л.н. ( $2100 \pm 80$  л.н.,  $2110 \pm 120$  кал. л.н., ЛУ-5923) и около 2.2 тыс. л.н. ( $2240 \pm 80$  л.н.,  $2240 \pm 90$  кал. л.н., ЛУ-6142). Осадки этих цунами залегают выше прослоя вулканического пепла Та-с влк. Тарумаи (2.3 кал. тыс. л.н.). Следы близких по возрасту палеоцунами также были обнаружены на Восточном Хоккайдо [19, 21].

Отложения палеоцунами найдены и в разрезах, расположенных на побережье со стороны Южно-Курильского пролива. Многочисленные прослой мелкозернистых, хорошо сортированных песков встречены в разрезе лагунных и озерных отложений на побережье бух. Хромова. Цунамигенное происхождение осадков подтверждают данные диатомового анализа. Диатомовая флора включает более 300 видов и разновидностей пресноводных диатомей, 33 формы морских и солоноватоводных. Из сублиторальных видов встречены планктонный *Paralia sulcata* (Ehr.) Kütz., бентосные *Diploneis interrupta* Cl., *Cocconeis scutellum* Ehr., *C. costata* Ehr., *Nitzschia circumscuta* (Bail.) Grun., *N. levidensis* var. *salinarum* Grun., *N. plana* W. Sm., а также обнаружены целые створки и фрагменты пелагических *Coscinodiscus asteromphalus* Ehr., *Coscinodiscus* sp., *Thalassiosira anguste-lineata* (A. S.) Fryx. et Hasle, *Thalassiosira gravida* Cl., *T. eccentrica* Ehr., *Thalassiosira* sp., *Stephanopyxis nipponica* Gran et Jendo, *Stephanopyxis* sp. Наиболее высокое видовое разнообразие и содержание (до 5–8 %) морских видов отмечено в осадке на границе илов и песков. Это обусловлено спецификой осаднения материала – в данной бухте волна цунами захлестывала распресненную лагуну или озеро, образовавшееся на месте лагуны. Из толщи воды в первую очередь осаждался песок. Створки диатомей, обладающие

размером в несколько микрон, некоторое время могли планировать и взмучиваться в толще воды, они осаждались более длительное время и накапливались на поверхности песка. Из разреза получено 8  $^{14}\text{C}$ -датировок, свидетельствующих, что накопление лагунных илов началось в среднем голоцене ( $5600 \pm 160$  кал. л.н., ЛУ-6579). В среднеголоценовой части разреза выделено до 12 прослоев цунамигенных песков. Между прослоями вулканических пеплов Та-с (2.3 кал. тыс. л.н.) и влк. Тятя (1.5 кал. тыс. л.н.) встречен один прослой. В верхней части разреза хорошо выражен прослой цунамигенного песка, под которым получена  $^{14}\text{C}$ -дата  $1030 \pm 80$  л.н. ( $950 \pm 100$  кал. л.н.) ЛУ-6578, отвечающий, по-видимому, одному из самых крупных позднеголоценовых событий в этом регионе. Сравнение полученных данных с летописью палеоцунами, построенной для тихоокеанской стороны острова, показывает, что в бухте Хромова фиксируется меньшее количество событий. Возможно, прослой песков со стороны пролива оставляли наиболее крупные цунами. На образование осадков цунами могут влиять особенности трансформации волны при огибании острова и различные варианты наложения и отражения волн.

В целом, частота проявления палеоцунами за последние 6 тыс. лет на о. Шикотан была неравномерной, высокая повторяемость событий отмечена для временного интервала 500–1500 л.н. Осадки наиболее сильных цунами обнаружены на расстоянии до 0.7 км от берега, на высоте до 9 м. Точную оценку высоты заплесков установить затруднительно из-за сильных косейсмических движений, характерных для этого острова.

**Остров Полонского** имеет уплощенный рельеф (максимальная высота 16 м), практически полностью покрыт болотами, в береговой зоне расположено несколько барьерных озер. В разрезах торфяников на тихоокеанском побережье – бух. Щелыкина и Южная, открытых к океану, обнаружены хорошо выраженные прослой морских песков, протягивающиеся более 700 м вглубь суши (рис. 3). Пески характеризуются одно- и полимодальными кривыми распределения, моды лежат в области 0.2–0.25, 0.16–0.2, 0.25–0.315 и реже 0.1–0.16 (рис. 2). В отличие от других прибрежно-морских фаций в осадках цунами присутствует примесь гравия и крупного песка, а также алеврита, тонкий материал захватывался с осушки и подводного берегового склона. В целом кривые распределения фракций для одновозрастных осадков очень похожи. Хвост грубых фракций исчезает по мере удаления от береговой линии вглубь суши, материал становится более сортированным.



**Рис 3.** Разрезы торфяников с прослоями цунамигенных песков на побережье бух. Южная, о. Полонского. 1 – песок, 2 – гравий, 3 – торф, 4 – почва, 5 – глина, 6 – вулканический пепел, 7 – пемза.

Цунамигенное происхождение песков подтверждается находкой морских и солоноватоводных диатомей, среди которых встречены сублиторальные *Cocconeis scutellum* Ehr., *Actinocyclus octonarius* Ehr., *Campylodiscus echeneis* Ehr., *Navicula distans* W. Sm., *Thalassiosira bramptonae* (Ehr.) Hakansson et Locker, *Mastogloia smithii* Thwaites, *Fragilaria pulchella* (Ralfs) L.-Bert., *Hyalodiscus radiatus* (O. Meara) Grun., *Tabularia tabulata* (Ag.) Snoeijs, *Diploneis smithii* Cl., *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Paralia sulcata* (Ehr.) Kütz., *Plagiogramma stauraphorum* (Greg.) Heib., а также неритические и океанические виды *Coscinodiscus* sp., *Thalassionema nitzschioides* Grun., *Thalassiosira* sp.

Наличие вулканического пепла Та-с позволяет говорить, что в позднем голоцене было не менее 8 крупных цунами с заплесками более 5 м (около 300, 750, 1000, 1300, 1500, 1750, 2000, 2200 л.н.). Из торфа под первым прослоем морского песка получены  $^{14}\text{C}$ -даты  $190 \pm 90$  л.н.,  $200 \pm 130$  кал. л.н., ЛУ-6590;  $200 \pm 60$  л.н.,  $190 \pm 120$  кал. л.н., ЛУ-6591. Наличие большого количества морских диатомей (до 30 %) в отдельных прослоях покровного торфяника в центре острова в 2 км от берега океана может быть свиде-

тельством того, что во время отдельных событий остров полностью накрывался цунами. В пресноводных комплексах на фоне доминирования типичных болотных видов обнаружены представители озерного планктона, донные формы и эпифиты (до 25 %), занесенные волной цунами из береговых озер. Последнее такое событие произошло в XVII в. – выше прослоя цунамигенного песка обнаружены вулканические пеплы Ко-с2 (1694 г.) и Та-а (1739 г.).

**Остров Зеленый** представляет собой террасовидную поверхность высотой около 10 м, приподнятую в юго-восточной части до 20–25 м. Большая часть (80 %) острова заболочена, причем торфяники покрывают как центральную часть, так и долины водотоков, и берега озер. В разрезах торфяников и озерных отложений острова выявлено 15 следов палеоцунами, произошедших в среднем-позднем голоцене [11]. Из молодых событий здесь наиболее ярко проявилось цунами 1894 г. ( $M = 8.2$ ), следы которого обнаружены на побережье Восточного Хоккайдо [20]. Высота волны составляла не менее 6 м, зона затопления могла достигать 1 км. Из исторических цунами на о-ве Зеленый проявилось три события. Наиболее сильным было цунами XVII века, сопоставляемое с

произшедшим в 1611 г. цунами Кейчо Санрику-оки. Вероятно, затоплялась большая часть о-ва Зеленый, высота волны превышала 10 м. Следы этого события широко проявлены на побережье восточного Хоккайдо, где установлена максимальная зона затопления [19, 21]. Два других события сопоставляются с цунами XIII века и одним из цунами конца XI в., когда на Японские острова обрушились три крупных цунами 1088, 1096 и 1099 гг. Высота волн на о-ве Зеленый достигала 7–8 м, зона затопления – более 0.8 км. Из других позднеголоценовых событий на острове выделено три цунами, которые сопоставляются с наиболее сильными цунами III–IV в. до н.э., III и VI–VII в.н.э., оставившими следы на п-ове Немуро [19]. Наиболее интенсивное цунами на о-ве Зеленый произошло около 2 кал. тыс. л.н., во время которого подъем воды был более 10 м, почти весь остров был затоплен. Ниже пеплового прослоя Та-с влк. Тарумаи (2.3 кал. тыс. л.н.) обнаружены следы 8 цунами. Из пяти цунами во второй половине среднего голоцена наиболее интенсивными были события около 3.4 и 3.7 кал. тыс. л.н., высота волн превышала 8 м, затоплялись краевые части центрального болотного массива.

На тихоокеанском побережье о-ва Зеленый (бух. Рудня) обнаружен разрез торфяника (мощностью до 4 м), выполняющий долину низкопорядкового водотока, образование которого охватывало весь голоцен. Разрез включает до 12 среднеголоценовых и 4 позднеголоценовых прослоев морских песков, хорошо выраженных по простиранию вглубь суши. В кровле обнаружен прослой песка, отвечающий сильному цунами с высотой заплеска более 12 м, произошедшему в историческое время. Предполагается, что он был образован в конце XIX века. Привязка этого прослоя представляет большой интерес, поскольку за годы инструментальных наблюдений таких событий на юге Курил не было зафиксировано.

**Остров Юрий** состоит из трех возвышенных уплощенных участков с высотами 30–40 м, разделенных низменными перешейками (высотой до 5–6 м), на которых расположены небольшие барьерные озера. Тихоокеанская сторона острова представляет собой абразионные и абразионно-денудационные берега с многочисленными кекурами, со стороны пролива Танфильева береговая линия сильно изрезана, здесь расположено несколько глубоко вдающихся в сушу бухт с отмельным дном. Наиболее подробная летопись палеоцунами получена для низменного перешейка между бух. Широкой и океаном, где в торфяниках обнаружены слои морских песков (мощностью до 20 см), имеющих покровное залегание. Выше

прослоя вулканического пепла Та-с здесь обнаружено 6–7 хорошо выраженных прослоев цунамигенных песков, которые, видимо, отвечают прохождению наиболее крупных цунами за последние 2.3 тыс. лет.

Цунами XX в., заплеск которых на островах юга Малой Курильской гряды не превышал 3–4 м, практически не оставили следов в разрезах торфяников о-ва Юрий. Обнаружен только тонкий прослой песка, залегающий линзами на перешейке бухты Широкая. Из исторических цунами, произошедших после выпадения вулканических пеплов Ко-с2 и Та-а, мощный слой песка оставило цунами, сопоставляемое с землетрясением 1894 г., произошедшем около п-ова Немуро. Проявление этого события, по-видимому, имело локальный характер. Из исторических событий наиболее значимо было цунами, осадки которого выходят под прослоем вулканического пепла Ко-с2, прослеживаются до высоты более 10 м и содержат не только морские диатомеи, но и обломки радиолярий. Из нижележащего торфа получена  $^{14}\text{C}$ -дата  $370 \pm 50$  л.н., ГИН-13008. Установлены следы прохождения четырех сильных позднеголоценовых палеоцунами, осадки которых выходят выше прослоя вулканического пепла Та-с, возраст оценивается около 750, 1100, 1750, 2000 кал. л.н. Хорошо совпадают  $^{14}\text{C}$ -даты, полученные по торфу под прослоем цунамигенного песка на о-ве Юрий ( $1870 \pm 100$  л.н., ГИН-13009) и по торфу, перекрывающему один из прослоев осадков цунами на п-ове Немуро ( $1800 \pm 60$  л.н., GS\*Nb5-2) [21]. Высота заплеска этих палеоцунами на о-ве Юрий превышала 10 м, дальность затопления – 600 м, волны полностью перехлестывали низменные перешейки. В среднеголоценовой части разрезов между прослоями вулканических пеплов Та-с и Ма-и-г обнаружено восемь прослоев цунамигенных песков. Возраст этих событий был рассчитан по скоростям торфонакопления (3.2; 3.4; 3.7; 4.0; 4.4; 4.7; 5.2; 5.6 кал. тыс. л.н.). Четыре из этих палеоцунами были сильными, высоты заплесков достигали 9–10 м.

**Остров Танфильева** расположен в тыловой части Малой Курильской гряды, отделен мелководными проливами от о-вов Зеленый, Юрий и Анучина, величина заплеска современных цунами здесь несколько ниже, чем на других островах этой группы [6, 15, 16]. Наиболее подробная летопись событий восстановлена в результате изучения торфяника (мощность до 4.2 м) в южной части острова, выполняющего небольшое понижение и долину низкопорядкового водотока, открытых в сторону океана (рис. 4). В разрезе торфяника обнаружены прослой песка с хорошо окатанным гравием, которые прослеживаются вглубь суши до 500 м (высота до 9.5 м) и

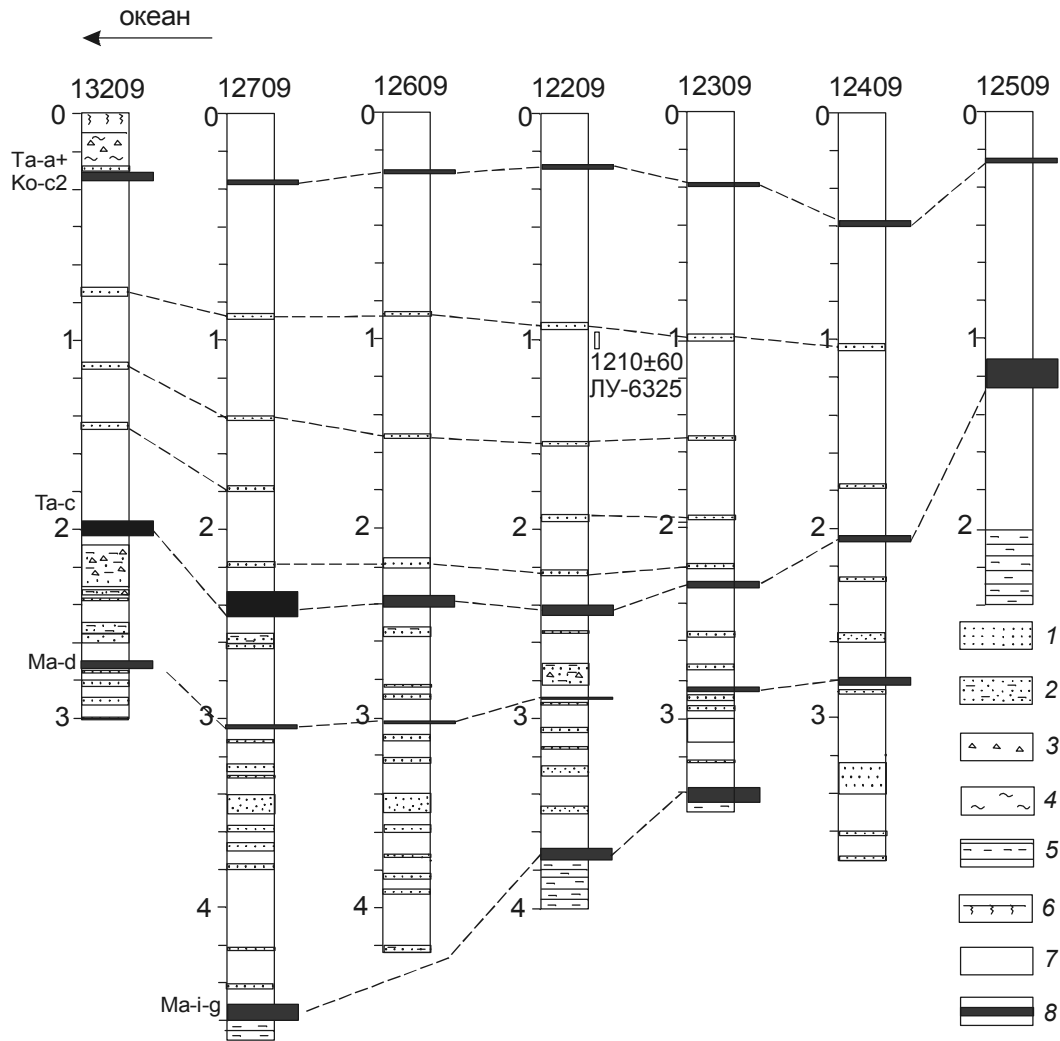


Рис. 4. Разрез торфяника с цунамигенными песками в южной части о-ва Танфильева.

1 – песок с гравием, 2 – песок с алевритом, 3 – дресва, 4 – суглинок, 5 – глина, 6 – почва, 7 – торф, 8 – вулканический пепел.

отвечают прохождению 18 наиболее сильных цунами за последние 7.5 кал. тыс. лет.

Накопление песков в результате прохождения цунами подтверждается данными диатомового анализа. В песках обнаружено 187 видов и разновидностей пресноводных диатомовых и 22 – морских и солоноватоводных, принесенных цунами, из которых 4 – океанические и неритические и 18 – сублиторальные. Морские и солоноватоводные виды наиболее разнообразны в прослоях песка среднеголоценового возраста. Здесь найдены обычные для заливов и бухт сублиторальные бентосные *Caloneis westii* (W. Sm.) Hendeey, *Campylodiscus echeneis* Ehr., *Cocconeis scutellum* Ehr., *Diploneis smithii* Cl., *D. interrupta* Cl., *Grammatophora hamulifera* Kütz., *Istmia nervosa* Kütz., *Nitzschia acuminata* (W.Sm.) Grun., *N. sigma* (Kütz.) W. Sm., *N. tryblionella* Hantz. in Rabh., *N.*

*circumsuta* (Bail.) Grun., *N. plana* W. Sm., *Thalassiosira bramaputrae* var. *septentrionalis* (Grun) Makar., *Fragilaria pulchella* (Ralss) L.-Bert., *Rhopalodia musculus* (Kütz.) O. Müll., планктонные *Actinocyclus senarius* (Ehr.) Ehr., *Paralia sulcata* (Ehr.) Kütz., неритический *Thalassiosira gravida* Cl., океанический *Coscinodiscus* sp. В позднеголоценовых прослоях цунамигенных песков встречаются сублиторальный бентосный *Nitzschia circumsuta* (Bail.) Grun., фрагменты океанического *Coscinodiscus* sp. и неритического *Stephanopyxis* sp.

Цунамигенные осадки характеризуются полимодальными кривыми распределения (модальные фракции 0.315–0.4, 0.5–0.63, реже 0.2–0.25) и представляют собой смесь материала из разных источников. Иногда хорошо выражена одна мода, имеющая ступенчатые крылья. Во всех песках есть



примесь хорошо окатанного гравия, содержание которого уменьшается по мере продвижения вглубь суши (например, для осадков цунами X века от 51 до 11 %), сортировка материала, как правило, улучшается. По сравнению с песками пляжа и штормового вала осадки цунами более грубозернистые, менее сортированы, имеют резко асимметричные кривые распределения (рис. 2).

В позднем голоцене выявлено 4 события (около 1000, 1300, 1750, 2200 кал. л.н.). В среднем голоцене 4 события в интервале 2.3–3.6 тыс. л.н. и 9 событий в интервале 3.2–7 тыс. л.н., из которых 3–4 были наиболее сильными. Последние крупные события, которые оставили хорошо выраженные прослой песка, произошли в XVII в. и около 1 тыс. л.н. ( $^{14}\text{C}$ -дата из нижележащего торфа  $1210 \pm 60$  л.н.,  $1160 \pm 80$  кал. л.н., ЛУ-6325).

### ВЫВОДЫ

1. Изучение следов палеоцунами в разрезах голоценовых отложений Южных Курил показало, что проявление этих событий в недавнем геологическом прошлом имело больший масштаб, чем в XX в. Хотя в XX были зарегистрированы многочисленные цунами, в разрезах обнаружены только осадки, оставленные 2–3 цунами. Наиболее распространены осадки Шикотанского цунами 1994 г. Ниже фрагментарно вскрываются осадки более значимых событий последних 300–400 лет. Отсутствие песков цунами может объясняться тем, что большинство этих волн имело высоту заплеска менее 5 м, а наблюдения за проявлением современных цунами показало, что такие явления не сопровождаются интенсивной эрозией и не оставляют протяженных осадочных покровов. Часть осадков предыдущих событий могла быть уничтожена последующими цунами, если они проходили через незначительные интервалы времени. Из цунами XIX в. на о-вах Зеленый и Юрий обнаружены пески цунами предположительно 1894 г., а на о-ве Шикотан – осадки цунами Токачи-оки 1843 г.

2. Наиболее подробная летопись для региона получена для о-ва Шикотан, где на побережье закрытых бухт обнаружены следы разных по интенсивности событий, но вглубь суши прослеживаются только следы наиболее сильных цунами [11, 12]. На малых островах на юге гряды обнаружены только осадки крупных цунами, сопровождавшихся эрозией.

3. Из исторических событий наиболее сильно проявилось цунами XVII века. Осадки цунами этого же возраста хорошо выражены на побережье п-ова Немуро, в районе Нанбунумы и в районе низменности Киритаппу Восточного Хоккайдо. Из более ранних стоит отметить палеоцунами около 700 и 1000

л.н. Осадки этих трех событий широко распространены на восточном Хоккайдо [19, 20, 21].

4. В разрезах торфяников обнаружены осадки наиболее сильных 15–16 палеоцунами, произошедших за последние 6–7 тыс. лет. Последние крупные события, которые оставили хорошо выраженные прослой песка, произошли в XVII веке и около 1 тыс. л.н. Во время катастрофических цунами отдельные острова могли полностью накрываться волной. В целом во второй половине среднего–позднем голоцене, включая историческое время, частота проявления сильных палеоцунами была около 300–400 лет, что хорошо согласуется с данными по п-ову Немуро (200–379 лет) [19].

5. Несмотря на хорошую корреляцию, некоторые события, установленные на Южных Курилах, не выделены на восточном Хоккайдо [19, 20, 21], и наоборот – некоторые события, зафиксированные на Хоккайдо, не имеют аналогов на юге Курильских островов.

Авторы благодарны Л.Д. Сулержицкому, М.М. Певзнер (ГИН РАН), С.Б. Чернову, Т.В. Тертычной и Ф.Е. Максимова, А.А. Стариковой и А.Л. Петрову (СПбГУ) за радиоуглеродное датирование образцов. Работа выполнена при финансовой поддержке проектов Президиума РАН 12-И-П4-06 и РФФИ 11-05-00497.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Курильских островов. М.; Владивосток: ДИК, 2009. 516 с.
2. Булгаков Р.Ф., Иванов В.В., Храмушин В.Н. и др. Исследование следов палеоцунами для цунамирайонирования // Физика Земли. 1995. № 2. С. 18–27.
3. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Харламов А.А., Ивельская Т.Н. Экстремальные шторма 2006–2007 гг. на о. Шикотан: воздействие на прибрежный рельеф и осадки // Океанология. 2010. Т. 50, № 3. С. 458–467.
4. Иванов В.В. Исследование влияния цунами на осадконакопление по следам цунами 4 октября 1994 года // Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией). Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. Т. 8. С. 119–128.
5. Иващенко А.И., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А. и др. Шикотанское цунами 5 октября 1994 г. // Докл. АН СССР. 1996. Т. 348, № 4. С. 532–538.
6. Каталог цунами на западном побережье Тихого океана / Сост. С.Л. Соловьев, Ч.Н. Го. М.: Наука, 1974. 310 с.
7. Кайстренко В.М., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А. и др. Проявление цунами 4 октября 1994 года на Шикотане // Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией). Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. Т. 8. С. 55–73.
8. Кайстренко В.М., Шевченко Г.В., Ивельская Т.Н. Проявление цунами Тохоку, цунами 11 марта 2011 года на россий-

- ском тихоокеанском побережье // Вопросы инженерной сейсмологии. 2011. Т. 38, № 1. С. 41–64.
9. Левин Б.В., Иващенко А.И., Куликов Е.А. Заключение подкомиссии по цунами и морским наводнениям о результатах обследования последствий землетрясения и цунами 4(5).10.1994 г. в береговой зоне Южных Курильских островов // Шикотанское землетрясение 4(5).10.94. Информ.-аналит. бюлл. ФССН. Экстренный выпуск. 1994. С. 5–7.
  10. Левин Б.В., Кайстренко В.М., Рыбин А.В. и др. Проявления цунами 15.11.2006 г. на Центральных Курильских островах и результаты моделирования высот заплесков // Докл. РАН. 2008. Т. 419, № 1. С. 118–122.
  11. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А. Проявление палеоцунами на о. Зеленый (Малая Курильская дуга) в голоцене // Вулканология и сейсмология. 2006. № 4. С. 57–73.
  12. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Осадки цунами Шикотанского землетрясения 1994 г. // Океанология. 2007. Т. 47, № 4. С. 622–630.
  13. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Геологическая летопись палеоцунами на о. Шикотан (Малая Курильская гряда) в голоцене // Вулканология и сейсмология. 2008. Т. 2, № 4. С. 50–66.
  14. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Развитие озерно-болотных обстановок осадконакопления древней кальдеры острова Расшуа (Центральные Курилы) в голоцене // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 4. С. 74–86.
  15. Соловьев С.Л. Основные данные о цунами на тихоокеанском побережье СССР, 1937–1976 гг. // Изучение цунами в открытом океане. М.: Наука, 1978. С. 61–136.
  16. Соловьева О.Н. Проявление катастрофических цунами у берегов России // Природные опасности России. Т. 2. Сейсмические опасности. М.: КРУК, 2000. С. 231–234.
  17. Piiev A.Ya., Kaistrenko V.M., Gretskaia E.V. et al. Holocene tsunami traces on Kunashir Island, Kurile subduction zone // Tsunamis: Case Studies and Recent Developments. New York: Springer Publ., 2005. P. 171–192.
  18. MacInnes B.T., Pinagina T.K., Bourgeois J. et al. Field survey and geological effects of the 15 November 2006 Kuril tsunami in the middle Kuril Islands // Pure and Appl. Geophys. 2009. V. 166, N 1/2. P. 3–36.
  19. Nanayama F., Shigeno K., Shitaoka Y., Furukawa R. Geological study of unusual tsunami deposits in the Kurile Subduction Zone for mitigation of tsunami disasters // The tsunami threat – research and technology. Rijeka: InTech, 2011. P. 283–298.
  20. Nanayama F., Shigeno K., Satake K. et al. Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan // Sediment. Geol. 2000. V. 135. P. 255–264.
  21. Nanayama F., Satake K., Furukawa R. et al. Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kurile trench // Nature. 2003. V. 424. P. 660–663.

*N.G. Razzhigaeva, L.A. Ganzey, T.A. Grebennikova, A.A. Kharlamov, V.M. Kaistrenko, Kh.A. Arslanov, A.O. Gorbunov*

#### **Paleotsunami manifestation in the Lesser Kuril arc in the Holocene**

Data on paleotsunami records for some islands of the Lesser Kuril group are discussed. Sedimentation features during the tsunami of different intensity are analyzed. In addition, the age of the most significant tsunami events was determined, and their recurrence interval in the Middle-Late Holocene was defined.

**Key words:** paleotsunami, tsunamigenous sediments, age and recurrence of the tsunami, Holocene, the Lesser Kuril Range.