

# V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ» г. Южно-Сахалинск, Сахалинская область 27-31 мая 2024 г.



Приглашаем ученых и специалистов, аспирантов и студентов принять участие в конференции «Геодинамические процессы и природные катастрофы», которая состоится 27–31 мая 2024 года в г. Южно-Сахалинск. В 2024 году отмечается 300 лет Российской академии наук, и мы надеемся, что эта конференция гармонично вольется в череду важнейших научных событий в России. Надеемся, что на полях нашего научного форума сможем достойно отметить это событие не только с нашими старыми друзьями, но и с теми учеными, которые еще не посещали остров Сахалин. На конференции планируется обсуждение актуальных научных проблем, которые волнуют ученых не только Дальневосточного региона России. Среди них природные катастрофы, методы оценки их опасности и риска, а также современные технологии геофизического мониторинга в сейсмоактивных и цунамиопасных регионах.

## СЕКЦИИ И ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

### Исследования Земли против угроз природно-техногенных катастроф на территории Дальнего Востока и Восточной Сибири

- Геологическое строение земной коры и ее отдельных структурных единиц разного масштаба
- Основные этапы и стадии развития земной коры и верхней мантии Азиатско-Тихоокеанского региона
- Вещественный состав (литологический, минеральный, химический, элементный, изотопный) различных геологических сред и объектов
- Поиск и прогнозирование месторождений полезных ископаемых

### Круглый стол Геофизический мониторинг и развитие методов прогноза землетрясений

Обсуждение вопросов прогноза землетрясений, наблюдательной сейсмологии, оценки сейсмической опасности, современных движений земной коры, геофизического мониторинга

### Динамика моря, вопросы изменения климата

- Потоки вещества и энергии в гидросфере
- Генерации цунами, цунамиопасность
- Моделирование и прогнозы морских опасных явлений в океанах и морях
- Геолого-геоморфологическим аспектам стратегии освоения ресурсов морских побережий Дальнего Востока и восточного сектора Арктики

### Живые системы и геологическая среда

- Влияние на живые организмы и экосистемы природного (вулканическая и поствулканическая активность, засуха, засоление, погодные и климатические аномалии и др.) и антропогенного стресса (нерациональное хозяйствование, рекреационная нагрузка)
- Анализ адаптивных стратегий живых организмов под давлением факторов окружающей среды
- Изучение биологического разнообразия и проблемы инвазий как маркеров благополучия окружающей среды, анализ состояния экосистем по данным аэрокосмических исследований Земли

В программе конференции планируются однодневные экскурсии, которые позволят познакомиться с историей и природой острова Сахалин. Более подробную информацию разместим во втором циркуляре.

К началу работы конференции будут изданы тезисы докладов. Объем тезисов не должен превышать одну страницу машинописного текста. Избранные доклады по решению организационного комитета конференции будут рекомендованы для публикации в журнале ИМГиГ ДВО РАН «**Геосистемы переходных зон**» (<http://journal.imgg.ru>), индексируемом РИНЦ и входящем в Перечень ВАК.

## РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ





**ЗАЯВКА** оформляется онлайн на сайте конференции <http://geopronh.ru> или посредством отправки регистрационной формы по адресу [geopronh2024@imgg.ru](mailto:geopronh2024@imgg.ru) до **1 марта 2024 г.** Файл регистрационной формы прилагается к первому циркуляру конференции, а также размещен на ее официальной странице в сети интернет <http://geopronh.ru>. Образец оформления тезисов доклада приложен к информационному сообщению.

**Оргвзнос 5000 руб.** оплачивается при регистрации. Для аспирантов и молодых ученых в возрасте до 35 лет **3000 руб.** За счет оргвзноса обеспечивается оргнабор участника конференции и организация кофе-брейков. Информация о гостиницах г. Южно-Сахалинска будет дана во втором циркуляре. Программа конференции будет разослана участникам вместе с третьим циркуляром, а также размещена на сайте конференции.

## АДРЕС ОРГКОМИТЕТА:

Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, д. 1 Б  
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН  
Телефон/факс: 8 (4242) 79-15-17

**Web-страница конференции:**  
<http://geopronh.ru>  
**E-mail:** [geopronh2024@imgg.ru](mailto:geopronh2024@imgg.ru)

ОРГАНИЗАТОР	СО-ОРГАНИЗАТОРЫ		
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН	Питомник растений «Магнолия Парк»	Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы РАН	Сахалинский государственный университет
			

### ОСНОВНЫЕ ДАТЫ:

- до 1 ФЕВРАЛЯ 2024 г. – Второй циркуляр.
- до 1 МАРТА 2024 г. – Заявка на участие в конференции.
- до 1 АПРЕЛЯ 2024 г. – Представление тезисов докладов.
- до 15 АПРЕЛЯ 2024 г. – Третий циркуляр.

**Научный журнал**

*Учредитель и издатель:*

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики  
Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

Издаётся с января 2017 г.

**Периодичность издания 4 раза в год**

**Scientific journal**

*Founder and Publisher:*

Institute of Marine Geology and Geophysics  
of the Far Eastern Branch  
of the Russian Academy of Sciences

Published since January 2017

**Periodicity: Quarterly**

**Основная задача журнала** – информирование научной общественности, российской и зарубежной, о результатах изучения геосистем переходных зон Земли и связанных с ними проблем геофизики, геологии, геодинамики, сейсмологии, геоэкологии и других наук.

**The main objective of the journal** is informing of scientific community, Russian and foreign, about the results of researches in geosystems of the Earth's transition zones and related problems of geophysics, geology, geodynamics, seismology, geoecology and other sciences.

**Журнал:**

- индексируется в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)**;
- регистрируется в системе **CrossRef**. Научным публикациям присваивается идентификатор – DOI;
- включен в каталог **Ulrich's Periodicals Directory**;
- включен в международную базу научных журналов открытого доступа – **Directory of Open Access Journals (DOAJ)**;
- входит в **Перечень ВАК** – Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

1.6.1. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика (*геолого-минералогические*)

1.6.3. Петрология, вулканология (*геолого-минералогические*)

1.6.9. Геофизика (*геолого-минералогические; физико-математические*)

1.6.14. Геоморфология и палеогеография (*географические*)

1.6.17. Океанология (*географические; геолого-минералогические; физико-математические*)

1.6.20. Геоинформатика, картография (*физико-математические*)

1.6.21. Геоэкология (*географические; геолого-минералогические*)

1.5.15. Экология (*биологические*)

1.1.8. Механика деформируемого твердого тела (*технические; физико-математические*)

- отнесен в Перечне ВАК к журналам II категории (K2).

**The Journal is:**

- indexed in **Russian Science Citation Index (RISC)**;
- registered in the **CrossRef** system. Scientific publications are assigned an individual identifier DOI;
- included in the **Ulrich's Periodicals Directory** database;
- included in the **Directory of Open Access Journals (DOAJ)**;
- included in the **VAK List** – the List of peer reviewed scientific journals, in which main scientific results of dissertations for the Candidate of Sciences and Doctor of Sciences degrees in the following scientific specialties and corresponding branches of science should be published:

1.6.1. General and regional geology. Geotectonics and geodynamics (*Geology and Mineralogy*)

1.6.3. Petrology and volcanology (*Geology and Mineralogy*)

1.6.9. Geophysics (*Geology and Mineralogy; Physics and Mathematics*)

1.6.14. Geomorphology and Paleogeography (*Geography*)

1.6.17. Oceanology (*Geography; Geology and Mineralogy; Physics and Mathematics*)

1.6.20. Geoinformatics and cartography (*Physics and Mathematics*)

1.6.21. Geoecology (*Geography; Geology and Mineralogy*)

1.5.15. Ecology (*Biology*)

1.1.8. Mechanics of deformable solids (*Physics and Mathematics; Engineering*)

- it is assigned to the K2 category in the VAK list.

*Адрес учредителя и издателя*

ИМГиГ ДВО РАН  
ул. Науки, 16, Южно-Сахалинск, 693022  
Тел./факс: (4242) 791517  
E-mail: [gtrz-journal@mail.ru](mailto:gtrz-journal@mail.ru)  
Сайт: <http://journal.imgg.ru>

*Postal address*

IMGG FEB RAS  
1B, Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022  
Tel. / Fax: (4242) 791517  
E-mail: [gtrz-journal@mail.ru](mailto:gtrz-journal@mail.ru)  
Website: <http://journal.imgg.ru>

© ИМГиГ ДВО РАН, 2023

**Редакционная коллегия***Главный редактор*

**Завьялов Петр Олегович**, член-корреспондент РАН, д-р геогр. наук, заместитель директора, руководитель лаборатории взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

*Заместитель главного редактора*

**Богомолов Леонид Михайлович**, д-р физ.-мат. наук, директор, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

*Ответственный секретарь*

**Прытков Александр Сергеевич**, канд. физ.-мат. наук, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

- **Адушкин Виталий Васильевич**, академик РАН, д-р физ.-мат. наук, Институт динамики геосфер РАН; Московский физико-технический институт, Москва
- **Алексанин Анатолий Иванович**, д-р техн. наук, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток
- **Быков Виктор Геннадьевич**, д-р физ.-мат. наук, Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск
- **Закупин Александр Сергеевич**, канд. физ.-мат. наук, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск – *зам. главного редактора*
- **Ковалев Дмитрий Петрович**, д-р физ.-мат. наук, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск
- **Кочарян Геворг Грантович**, д-р физ.-мат. наук, профессор, Институт динамики геосфер РАН, Москва
- **Куркин Андрей Александрович**, д-р физ.-мат. наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород
- **Лабай Вячеслав Степанович**, д-р биол. наук, Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск
- **Левин Владимир Алексеевич**, академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток; Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва
- **Лучин Владимир Александрович**, д-р геогр. наук, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток
- **Марапупец Юрий Валентинович**, д-р физ.-мат. наук, доцент, Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Камчатский край, Паратунка
- **Огородов Станислав Анатольевич**, профессор РАН, д-р геогр. наук, чл.-корр. РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва
- **Плехов Олег Анатольевич**, чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь
- **Разжигаяева Надежда Глебовна**, д-р геогр. наук, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток
- **Ребetsкий Юрий Леонидович**, д-р физ.-мат. наук, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва
- **Родкин Михаил Владимирович**, д-р физ.-мат. наук, Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Москва
- **Рыбин Анатолий Кузьмич**, д-р физ.-мат. наук, Научная станция РАН в г. Бишкеке, Бишкек, Киргизия
- **Сасорова Елена Васильевна**, д-р физ.-мат. наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

**Editorial Board***Editor-in-Chief*

**Peter O. Zav'yalov**, Corr. Member of the RAS, Dr. Sci. (Geography), Deputy Director, Head of the Laboratory of land-ocean interactions and the anthropogenic impact, P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia

*Deputy Editor-in-Chief*

**Leonid M. Bogomolov**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Director, Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

*Executive Secretary*

**Alexander S. Prytkov**, Cand. Sci. (Phys. and Math.), Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

- **Vitaly V. Adushkin**, Academician of RAS, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Institute of Geosphere Dynamics of RAS; Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow
- **Anatoly I. Alexanin**, Dr. Sci. (Eng.), The Institute of Automation and Control Processes of the FEB RAS, Vladivostok
- **Victor G. Bykov**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics of the FEB RAS, Khabarovsk
- **Alexander S. Zakupin**, Cand. Sci. (Phys. and Math.), Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk – *Deputy Editor-in-Chief*
- **Dmitry P. Kovalev**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk
- **Gevorg G. Kocharyan**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, Institute of Geosphere Dynamics of RAS, Moscow
- **Andrei A. Kurkin**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod
- **Vyacheslav S. Labay**, Dr. Sci. (Biology), Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk
- **Vladimir A. Levin**, Academician of RAS, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, Institute of Automation and Control Processes of the FEB RAS, Vladivostok; Lomonosov Moscow State University, Moscow
- **Vladimir A. Luchin**, Dr. Sci. (Geogr.), V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the FEB RAS, Vladivostok
- **Yuri V. Marapulets**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Associate Professor, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the FEB RAS, Kamchatka Region
- **Stanislav A. Ogorodov**, Professor of RAS, Dr. Sci. (Geogr.), Corr. Member of RAES, Lomonosov Moscow State University, Moscow
- **Oleg A. Plekhov**, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, Institute of Continuous Media Mechanics of the Ural Branch of RAS, Perm'
- **Nadezhda G. Razjigaeva**, Dr. Sci. (Geogr.), Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok
- **Yuri L. Rebetskiy**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow
- **Mikhail V. Rodkin**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics of RAS, Moscow
- **Anatoly K. Rybin**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Research Station of RAS in Bishkek City, Bishkek, Kyrgyzstan
- **Elena V. Sasorova**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow

*Редакционная коллегия*

- **Сергеева Ирина Вячеславовна**, д-р биол. наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Саратов
- **Такахаши Хироаки**, профессор, Институт сейсмологии и вулканологии Университета Хоккайдо, Саппоро, Япония
- **Троицкая Юлия Игоревна**, д-р физ.-мат. наук, профессор, Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород; Нижегородский гос. университет им Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
- **Христофорова Надежда Константиновна**, д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАЕН, Заслуженный деятель науки РФ, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
- **Шакиров Ренат Белалович**, д-р геол.-минер. наук, доцент, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток
- **Шевченко Георгий Владимирович**, д-р физ.-мат. наук, Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск
- **Шеменда Александр Ильич**, профессор исключительного класса, Университет Ниццы София-Антиполис, Ницца, Франция
- **Ярмолук Владимир Викторович**, академик РАН, д-р геол.-минер. наук, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

*Editorial Board*

- **Irina V. Sergeeva**, Dr. Sci. (Biology), Professor, Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov
- **Hiroaki Takahashi**, Professor, Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, Sapporo, Japan
- **Yuliya I. Troitskaya**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, Institute of Applied Physics of RAS, Nizhny Novgorod; Lobachevsky University, Nizhny Novgorod
- **Nadezhda K. Khristoforova**, Dr. Sci. (Biology), Professor, Corr. Member of RAES, Far Eastern Federal University, Vladivostok
- **Renat B. Shakirov**, Dr. Sci. (Geol. and Miner.), Associate Professor, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the FEB RAS, Vladivostok
- **Georgiy V. Shevchenko**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk
- **Alexandre I. Chemenda (Shemenda)**, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professeur des Universités de Classe Exceptionnelle, Université de Nice Sophia Antipolis, Nice, France
- **Vladimir V. Yarmolyuk**, Academician of RAS, Dr. Sci. (Geol. and Miner.), Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS, Moscow

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. (Регистрационный номер ПИ № ФС 77-73243 от 13.07.2018 г.). Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны.

*Переводчики* **Качесова Галина Сергеевна**  
**Новикова Татьяна Юрьевна**

*Редактор* к.ф.н. **Низяева Галина Филипповна**  
*Компьютерная верстка* **Филимонкина Анна Александровна**  
*Дизайн* **Леоненкова Александра Викторовна**

*Адрес редакции журнала и типографии:*  
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б.  
gtrz-journal@mail.ru

Формат 60 × 84 /8. Усл. печ. л. 14.8.  
Тираж 150 экз. Заказ 8028. Свободная цена.  
Дата выхода в свет 21.12.2023.

Подписной индекс в Объединенном интернет-каталоге «Пресса России» (www.pressa-rr.ru) – 80882.

По вопросам распространения обращаться также в редакцию.

*Translators* **Galina S. Kachesova**  
**Tatiana Yu. Novikova**

*Editor* **Galina Ph. Nizyaeva**, Cand. Sci. (Phylogeny)  
*Desktop publishing* **Anna A. Filimonkina**  
*Design* **Alexandra V. Leonenkova**

*Postal address of the Editorial Office and printing house:*  
1B, Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022.  
gtrz-journal@mail.ru

Sheet size 60 × 84 /8. Conv. print. sheets 14.8.  
Number of copies 150. Order no. 8028. Free price.  
Date of publishing 21.12.2023.

Subscription index in the United web-catalogue "Press of Russia" (www.pressa-rr.ru) – 80882.

Please also contact the Editorial Office for distribution.

**СОДЕРЖАНИЕ**

**CONTENT**

**Геофизика. Сейсмология**

*Н.А. Сычева.* Исследование сеймотектонических деформаций земной коры Алтае-Саянской горной области. Часть II . . . 335

**Океанология. Геоморфология и палеогеография**

*Н.Г. Разжигаева, Л.А. Ганзей, Т.А. Гребенникова, А.А. Харламов, А.В. Лоскутов, Р.Ф. Булгаков.* Геологические свидетельства проявлений сильных цунами на побережье острова Итуруп (Курильские острова) за последние 3500 лет . . . . . 357

**Геоморфология и палеогеография**

*Н.Г. Разжигаева, Л.А. Ганзей, Т.А. Гребенникова, Л.М. Мохова, Х.А. Арсланов.* Озерные палеоархивы изменений природной среды полуострова Песчаный, Японское море (южное Приморье) . . . . . 375

**Механика деформируемого твердого тела.**

**Геомеханика**

*И.А. Пантелеев, В.И. Окунев, В.А. Новиков.* Синхронизация мультифрактальных свойств непрерывной акустической эмиссии при подготовке и реализации подвижки по модельному разлому . . . . . 405

**Региональная геология. Геомеханика**

**КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ**

*П.А. Каменев, А.Р. Лукманов.* О некоторых закономерностях развития трещиноватости в терригенных породах острова Сахалин . . . . . 419

**Вулканология, петрология**

**МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова.* Вулканическая активность на Курильских островах в 2022 г. . . . . 427

**Хроника научной жизни**

Научное сотрудничество Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ) и ТОИ ДВО РАН. *Р.Б. Шакиров, Н.С. Сырбу, М.Г. Валитов, Г.Н. Шкабарня, А.Л. Веникова, Н.Л. Соколова, Е.В. Мальцева.* . . . . . 439

Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения (SVERT): 20 лет мониторинга вулканической активности на Курильских островах. *М.В. Чибисова, А.В. Дегтерев, А.В. Рыбин, Ф.А. Романюк.* . . . . . 448

Тематический и авторский указатели статей, опубликованных в журнале «Геосистемы переходных зон» в 2023 г. (том 7) . . . . . 454

**Geophysics. Seismology**

*N.A. Sycheva.* Study of seismotectonic deformations of the Earth's crust in the Altai-Sayan Mountain region. Part II . . . . . 335

**Oceanology. Geomorphology and Paleogeography**

*N.G. Razjigaeva, L.A. Ganzey, T.A. Grebennikova, A.A. Kharlamov, A.V. Loskutov, R.F. Bulgakov.* Geological evidence of strong tsunami manifestations on the Iturup Island (Kuril Islands) at last 3500 years. . . . . 357

**Geomorphology and Paleogeography**

*N.G. Razjigaeva, L.A. Ganzey, T.A. Grebennikova, L.M. Mokhova, Kh.A. Arslanov.* Lacustrine paleoarchives of environmental changes of Peschany Peninsula, Sea of Japan (South Primorye) . . . . . 375

**Mechanics of deformable solids.**

**Geomechanics**

*I.A. Panteleev, V.I. Okunev, V.A. Novikov.* Synchronization of multifractal properties of continuous acoustic emission during the preparation and implementation of dynamic slip in model fault . . . . . 405

**Regional geology. Geomechanics**

**SHORT REPORT**

*P.A. Kamenev, A.R. Lukmanov.* Patterns of fracturing placement in terrigenous rocks of Sakhalin Island . . . . . 419

**Volcanology, petrology**

**MONITORING OF GEOLOGICAL HAZARDS**

*A.V. Degterev, M.V. Chibisova.* Volcanic activity on the Kuril Islands in 2022 . . . . . 427

**Current scientific events**

Scientific cooperation between the Vietnam Academy of Science and Technology (VAST) and POI FEB RAS. *R.B. Shakirov, N.S. Syrbu, M.G. Valitov, G.N. Shkabarnya, A.L. Venikova, N.L. Sokolova, E.V. Malteva.* . . . . . 439

Sakhalin Volcanic Eruption Response Team (SVERT): 20 years of monitoring of volcanic activity on the Kuril Islands. *M.V. Chibisova, A.V. Degterev, A.V. Rybin, F.A. Romanyuk.* . . . . . 448

Topical index of articles published in the journal “Geosystems of Transition Zones” in 2023 (volume 7) . . . . . 455

© Авторы 2023 г. Открытый доступ.  
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution  
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors 2023. Open access.  
Content is available under Creative Commons Attribution  
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 551.21

<https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.357-374>  
<https://www.elibrary.ru/zbrvjc>

## Геологические свидетельства проявлений сильных цунами на побережье острова Итуруп (Курильские острова) за последние 3500 лет

Н. Г. Разжигаева<sup>1,2</sup>, Л. А. Ганзей<sup>1</sup>, Т. А. Гребенникова<sup>1</sup>, А. А. Харламов<sup>3</sup>,  
А. В. Лоскутов<sup>4</sup>, Р. Ф. Булгаков<sup>4</sup>

@E-mail: [nadyar@tig.dvo.ru](mailto:nadyar@tig.dvo.ru)

<sup>1</sup> Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия

<sup>3</sup> Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова, Москва, Россия

<sup>4</sup> Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

**Резюме.** Проанализировано распределение отложений цунами в озерно-болотных разрезах на побережье зал. Касатка. Основными объектами являлись болото, образованное на месте полностью заросшего озера лагунного типа, расположенного за грядой дюн, и низменный заболоченный перешеек между озерами Октябрьское и Среднее. Идентифицировано пять крупных событий, определены параметры заплесков и возраст на основании радиоуглеродного датирования и тефростратиграфии. Для подтверждения морского источника песка использованы данные диатомового анализа. Проведена корреляция установленных событий с событиями на сопредельных островах и побережье Восточного Хоккайдо. Найден след только одного сильного исторического цунами, отложения которого лежат выше маркирующего вулканического пепла Та-а (1739 г.) влк. Тарумаи, о. Хоккайдо. Цунами произошло во второй половине XVIII в. Возможно, это след цунами 1780 г., очаг которого находился около о. Уруп. Четыре палеоцунами хорошо сопоставляются по возрасту с мегацунами региона (XVII, XIII вв., 1.5; 2.3–2.4 тыс. кал. л.н.), наиболее ярко проявившимися на берегах Восточного Хоккайдо и оставившими следы в виде покровов морских песков и илов на заболоченных участках Малой Курильской гряды и о. Кунашир. На о. Итуруп мощности цунамигенных отложений намного меньше, как и простираение песчаных покровов вглубь суши. Высказано предположение, что на о. Итуруп величины заплеска установлены в дистальной зоне распространения мегацунами позднего голоцена с очагами на юге Курило-Камчатского желоба, а региональные сильные цунами, известные в период инструментальных наблюдений, не оставили геологических свидетельств в изученных разрезах.

**Ключевые слова:** палеоцунами, радиоуглеродное датирование, тефра, диатомеи, Южные Курилы, голоцен

## Geological evidence of strong tsunami manifestations on the Iturup Island (Kuril Islands) at last 3500 years

Nadezhda G. Razjigaeva<sup>1,2</sup>, Larisa A. Ganzey<sup>1</sup>, Tatiana A. Grebennikova<sup>1</sup>,  
Andrey A. Kharlamov<sup>3</sup>, Artem V. Loskutov<sup>4</sup>, Rustam F. Bulgakov<sup>4</sup>

@E-mail: [nadyar@tig.dvo.ru](mailto:nadyar@tig.dvo.ru)

<sup>1</sup> Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

<sup>2</sup> Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

<sup>3</sup> Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

**Abstract.** The distribution of tsunami deposits in the lacustrine-swamp sections on the Kasatka Bay coast is analyzed. The main objects were a swamp formed on the place of overgrown lagoon-type lake located behind dune ridge, and a low swampy isthmus between Oktyabrskoe and Srednee lakes. Five major events have been identified, run-up parameters

and age have been determined on the base of radiocarbon dating and tephrostratigraphy. Diatom analysis data were used to confirm the marine origin of the sand. Established events are correlated with data on adjacent islands and the Eastern Hokkaido coast. A trace of only one strong historical tsunami was found, its deposits lie above marking volcanic ash Ta-a (1739) of the Tarumai Volcano, Hokkaido. The tsunami took place in the second half of the 18th century. Perhaps this is a trace of 1780 AD tsunami, the source was located near Urup Island. Four paleotsunamis are well compared in age with the megatsunamis of the region (17th, 13th centuries, 1.5; 2.3–2.4 ka), which most clearly manifested on the Eastern Hokkaido coasts and left sea sands and silts sheets in marshes of the Lesser Kuril Ridge and Kunashir Island. On Iturup, the thickness of tsunami deposits and wide of sand cover is much less. It has been suggested that the peat section of Iturup recorded the run-up values in the distal zone of the Late Holocene megatsunami, which had sources in the southernmost of the Kuril-Kamchatka Trench. Regional strong tsunamis occurred in the period of instrumental observations did not leave geological evidence in the studied sections.

**Keywords:** paleotsunami, radiocarbon dating, tephra, diatoms, South Kuril Islands, Holocene

**Для цитирования:** Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Лоскутов А.В., Булгаков Р.Ф. Геологические свидетельства проявлений сильных цунами на побережье острова Итуруп (Курильские острова) за последние 3500 лет. *Геосистемы переходных зон*, 2023, т. 7, № 4, с. 357–374. <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.357-374>; <https://www.elibrary.ru/zbrvjc>

**For citation:** Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A., Loskutov A.V., Bulgakov R.F. Geological evidence of strong tsunami manifestations on the Iturup Island (Kuril Islands) at last 3500 years. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2023, vol. 7, no. 4, pp. 357–374. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.357-374>; <https://www.elibrary.ru/zbrvjc>

### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (<https://rscf.ru/project/21-17-00049/>), руководитель – академик Евгений Ильич Гордеев.

### Funding

The work was carried out with financial support of Russian Science Foundation (<https://rscf.ru/project/21-17-00049/>), supervisor Academician Evgeny I. Gordeev.

## Введение

Одним из направлений оценки цунамиопасности побережья является поиск отложенных палеоцунами для выявления сильных событий, произошедших до периода инструментальных наблюдений, с целью определения их параметров, повторяемости, пространственно-временного масштаба и возможных очагов [1–5]. На Курильских островах изучение отложений палеоцунами проводилось в центральной части дуги [6], на юге наиболее полная информация получена для Кунашира и Малых Курил, где работы проводились на островах Шикотан, Полонского, Зеленый, Юрий и Танфильева [7–9]. Острова Итуруп и Уруп мало изучены в этом отношении. Для о. Уруп получены данные для юга, в бухте Осьма, где найдены отложения наиболее сильных событий, произошедших за последние 3660 лет [10].

Для о. Итуруп выполнены пионерные работы по проявлению сильных палеоцунами на Курилах [11]. Остров самый крупный в гряде (3170 км<sup>2</sup>), поэтому реконструкции палеоцунами имеют большое значение для построения общей региональной схемы. Сложность изуче-

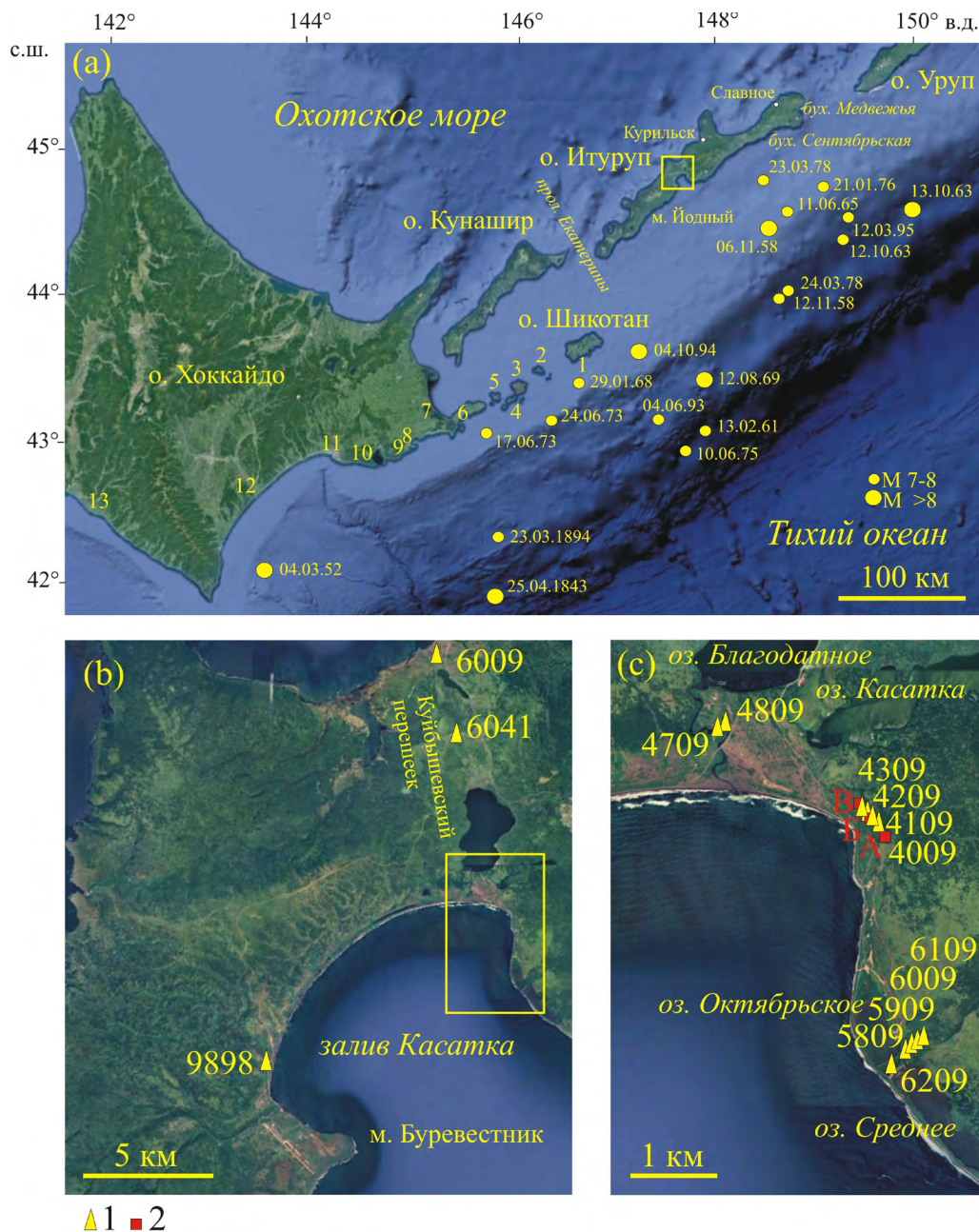
ния следов палеоцунами здесь связана с характером строения побережья – преобладанием абразионных и абразионно-денудационных берегов, где мало низких заболоченных участков, информативных для сохранности следов цунами. На тихоокеанском побережье острова береговые низменности развиты ограниченно, затрудняет реконструкции также и присутствие обширных дюнных полей. Большая часть таких берегов антропогенно нарушена. Лишь два участка могут быть использованы для целей исследования – побережье зал. Касатка и Ветровой перешеек, но последний перекрыт тефрой извержения влк. Ветровой, произошедшего ~2000 л.н. [12]. Здесь нет разрезов торфяников, и до 1945 г. был аэродром. Поэтому наш поиск был сосредоточен в северной части побережья зал. Касатка. Район работ находится на границе двух сегментов Курило-Камчатского желоба, генерирующих сильные цунамигенные землетрясения [3, 13].

Целью исследования является идентификация отложений цунами в разрезах верхнего-лоценовых озерно-болотных отложений, анализ их состава, восстановление параметров заплеска, определение возраста и повторяемости

крупных событий, а также корреляция с данными, полученными по сопредельным территориям. Для оценки повторяемости крупных цунами важно понять, в каком сегменте Курило-Камчатского желоба находился очаг цунамигенных землетрясений, проявившихся на о. Итуруп.

### Материалы и методы

Поиск отложений палеоцунами проводился в болотном массиве, образованном на месте полностью заросшего берегового озера лагунного типа, расположенного к юго-востоку от оз. Касатка, и в разрезах торфяников между озерами Октябрьское и Среднее (рис. 1).



**Рис. 1.** Район исследований (а): о. Итуруп (зал. Касатка); острова Малой Курильской гряды: 1 – Айвазовского, 2 – Полонского, 3 – Зеленый, 4 – Юрий, 5 – Танфильева; восточное побережье Хоккайдо: 6 – п-ов Немуро, 7 – оз. Фурен, 8 – болото Киритаппу, 9 – болото Мотириппу, 10 – г. Аккеша, 11 – г. Кусиро и оз. Харутори, 12 – равнина Токачи, 13 – берег Хидака. Эпицентры цунамигенных землетрясений по [21]. (б, в) Залив Касатка и положение разрезов, изученных авторами (1) и Р.Ф. Булгаковым с соавторами [11] (2).

**Fig. 1.** Study area (a): Iturup Island (Kasatka Bay); islands of Lesser Kuril Ridge: 1 – Aivazovsky Island, 2 – Polonsky Island, 3 – Zelenyi Island, 4 – Yuri Island, 5 – Tanfiliev Island; eastern coast of Hokkaido Island: 6 – Nemuro Peninsula, 7 – Furen Lake, 8 – Kiritappu marsh, 9 – Mochirippu marsh, 10 – Akkeshi City, 11 – Kushiro City and Harutori Lake, 12 – Tokachi Plain, 13 – Hidaka coast. Epicenters of tsunami earthquakes according to [21]. (b, c) Kasatka Bay and position of studied by authors (1) and by R.F. Bulgakov et al. (2) sections [11].



Обследован также небольшой заболоченный участок около протоки из оз. Благодатное и район бывшего поселка Буревестник. Для привязки возраста прослоев тефры привлекались данные по разрезам разнофациальных отложений на юге зал. Касатка и на Куйбышевском перешейке. Объектами для реконструкции палеоцунами являлись разрезы торфяников и озерных отложений, включающие прослойки морских песков, простирающихся за пределы зоны воздействия сильных штормов. Использовалась общепринятая методика, подробно описанная в ряде работ [1, 14–17 и др.]. Разрезы (шурфы и скважины ручного бурения) изучались по профилям с проведением нивелирования (рис. 1). Для подтверждения морского генезиса осадков использовался диатомовый анализ, широко используемый для идентификации отложений цунами [18]. Проведен подробный гранулометрический анализ песков на ситах с шагом  $\gamma$ . Возрастная привязка и корреляция событий основаны на данных тефростратиграфии и радиоуглеродного датирования органических отложений, вмещающих прослойки цунамигенных песков и тефру. Радиоуглеродное датирование выполнено в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета (лабораторный индекс ЛУ-). Использовались также данные, полученные Р.Ф. Булгаковым с соавторами [11] в Геологическом институте РАН (лабораторный индекс ГИН-). Радиоуглеродные даты переведены в календарные по программе OxCal 4.4 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) с использованием калибровочной кривой «IntCal 20» [19].

### Проявления исторических цунами на побережье о. Итуруп

Возникновение цунами в районе Южных Курил в основном связано с землетрясениями, эпицентры которых находятся в относительно узкой полосе на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба [20, 21]. Остров попадает в зону воздействия цунами, приходящих от близлежащих очагов, а также с севера и юга гряды, и трансокеанских цунами (см. таблицу). Большинство близлежащих очагов цунами расположено на континен-

тальном склоне, четыре цунами (06.11.1958, 11.06.1965, 21.01.1976, 23.03.1978) имели очаг на шельфе [21]. Летопись исторических цунами здесь не столь продолжительная (см. таблицу), сведения о сильных цунами в основном ограничены периодом инструментальных наблюдений [22, 23]. Для Южных Курил свидетельства о цунами XVIII в. есть только для о. Уруп, где действовала Российско-Американская компания, а с 1747 по 1777 г. были постоянные поселения [24]. Цунамигенное землетрясение здесь произошло 29.06.1780 [22]. На Восточном Хоккайдо самые ранние исторические записи о цунами есть в дневниках монахов храма Кокутайдзи в Аккеши, построенного в 1804 г. н.э. [25]. Из событий XIX в. на о. Итуруп известно цунами 04.06.1893 ( $M = 7$ ), проявившееся и на охотоморской стороне острова (высота заплеска 1.5 м, пос. Славное) [22], очаг располагался около о. Шикотан [20]. Цунами 08.09.1918 имело заплеск до 6 м на севере острова с тихоокеанской (бухта Медвежья) и 1.5–2.5 м с охотоморской стороны (Славное, г. Курильск). С конца 1950-х до конца 1970-х годов в регионе прошла серия цунамигенных землетрясений. Крупным событием было цунами 07.11.1958 с очагом большой площади к востоку от острова. Оно проявилось на всем тихоокеанском побережье острова с максимальным заплеском (до 5 м) на участке открытого берега мыс Буревестник – мыс Йодный [21]; в зал. Касатка (пос. Буревестник) цунами имело заплеск 3–3.5 м [22, 26, 27]. Высокие заплески (до 2 м в Буревестнике, до 0.6–1 м в Курильске и других поселках на западном побережье) наблюдались во время цунами 12.08.1969, очаг располагался на континентальном склоне напротив прол. Екатерины. Сильным было цунами 20.09.1963, пришедшее со стороны Урупа, на севере острова (бухта Сентябрьская) заплеск достигал 8 м. Остальные события (09.04.1959, 12.05.1961, 12.10.1963, 27.03.1964, 11.06.1965, 29.01.1968, 17.06.1973, 10.06.1975, 22–24.03.1978, 24.03.1984, 09.10.1994, 03.02.1995) были незначительными, высота заплеска, как правило, была меньше 1 м, максимум 2 м [21, 22]. Детальные данные получены по проявлению Шикотанского цунами 04.10.1994 в зал. Касатка: на северном и южном бортах бухты заплеск был до 2.3 м,

**Таблица.** Высота заплесков цунами, проявившихся в районе о. Итуруп**Table.** Tsunami run-up on the Iturup Island

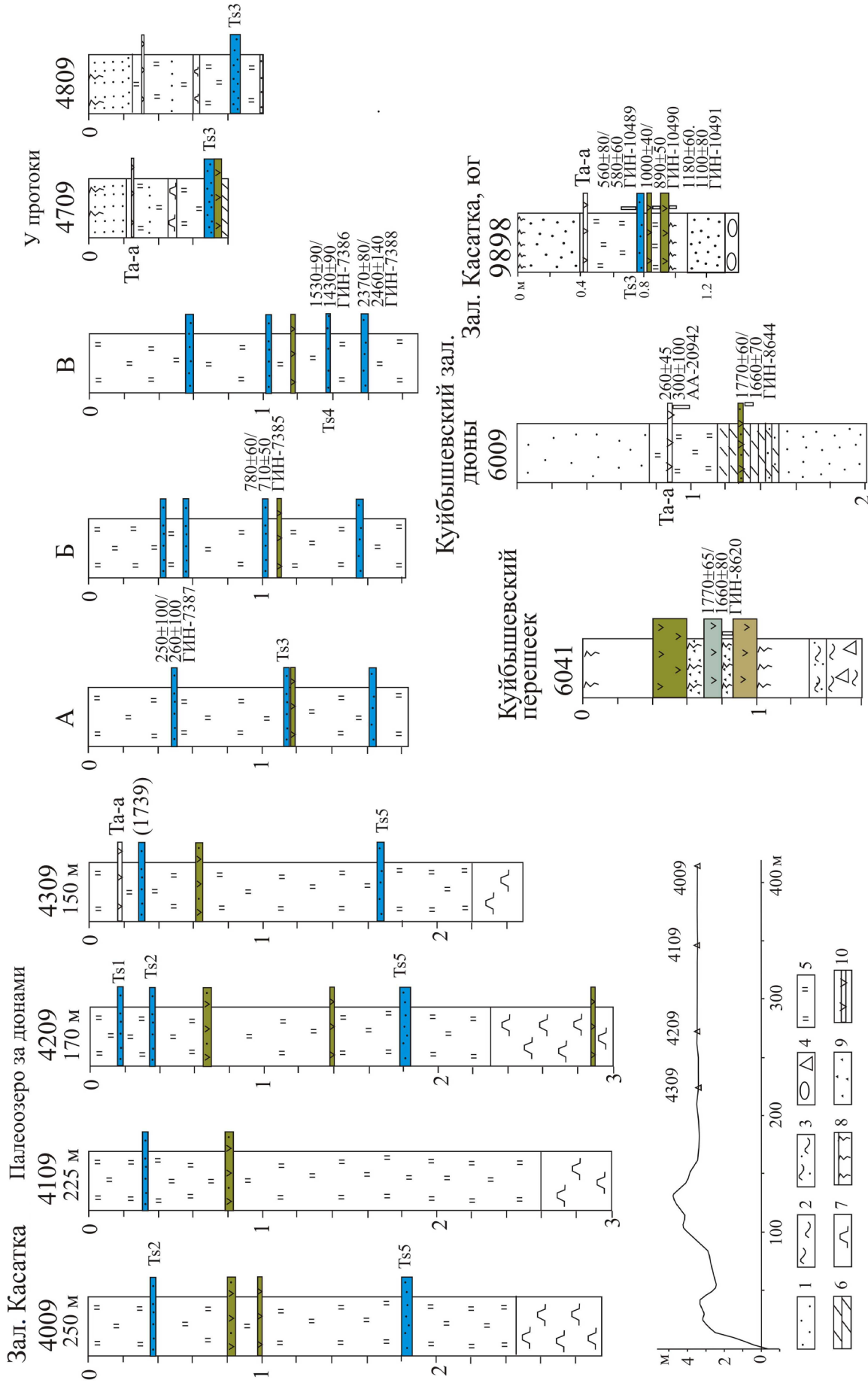
Дата	Магнитуда	Высота заплеска в зал. Касатка и на других участках, м	Источник
04.06.1893	6.6–7	1.6	[21, 22]
08.09.1918	8.25	6, бухта Медвежья	[22]
05.11.1952, Камчатское	8.25	2.5	[22]
06.11.1958	8.25–8.4	3–5	[21, 22, 26]
12.11.1958	7	1	[21]
11.05.1960, Чилийское	8.5	2.5	[22]
13.02.1961	7.25	1	[22]
12.10.1963	7.1	0.12	[21]
13.10.1963	8.25–8.5	1.5	[21, 22]
20.10.1963	7.25	0.5–1.5, пос. Буревестник, 7–8, бухта Сентябрьская	[22, 27]
27.03.1964, Аляскинское	8.4	0.7	[21, 22]
11.06.1965	7.25	0.05–0.09	[22]
29.01.1968	7–7.3	0.1	[21, 22]
16.05.1968	8.2	0.5	[22]
12.08.1969	8.2	1–2	[22]
17.06.1973	7.7–7.9	0.4	[21, 22]
24.06.1973	7.1–7.6	0.15	[21, 22]
10.06.1975	7	0.4	[22]
21.01.1976	7.3	0.13–0.30	[21, 22]
04.10.1994	8.3	2.3	[28]
12.03.1995	7.9	1.1	[21]
11.03.2011	9	2.1	[30]

в вершине – 0.9–1.9 м [28, 29]. Берегов острова достигали и крупные трансокеанские цунами. Высокие заплески с тихоокеанской стороны (2.5 м) отмечены во время прохождения Камчатского 05.11.1952 и Чилийского 22.05.1960 цунами [22]. Тохоку цунами 11.03.2011 проявилось на всей тихоокеанской стороне острова, заплеск был до 2.1 м [27, 30].

### Отложения палеоцунами

Торфяник на месте заросшего озера на предмет отложений палеоцунами изучался ранее Р.Ф. Булгаковым с соавторами [11], разрезы приведены на рис. 2. Болото расположено за древним штормовым валом, перекрытым грядой эоловых дюн (высотой до 5–10 м). Высота поверхности болота 3–3.5 м над средним уровнем моря. Из основания торфа была получена  $^{14}\text{C}$  дата  $3300 \pm 250$  л.н.,  $3560 \pm 320$  кал. л.н.,

ГИН-6516 [31, 32]. Ниже торфа в наших разрезах лежит гиттия (рис. 2), накопление которой шло в озере лагунного типа. Об этом свидетельствует комплекс диатомей, включающий солоноватоводные и пресноводные виды. Доминируют обрастатели *Staurosira venter* (до 40 %), *Staurosirella pinnata* (до 15 %), *Pseudostaurosira brevistriata* (до 15 %) и временно планктонный *Staurosirella lapponica* (до 16 %). Характерны для комплекса бентосные *Epi-themia adnata*, *E. sorex*, *E. turgida*, *Navicula cryptocephala*, *Cavinula pseudoscutiformis* и обрастатели *Staurosirella martyi*, *Staurosira construens*, *Cocconeis placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *C. placentula* var. *lineata* и др. Постоянно присутствуют сублиторальные морские и солоноватоводные диатомей, характерные для полузакрытых бухт и заливов: *Actinocyclus octonarius*, *Diploneis smithii*, *D. interrupta*, *Thalassiosira hyperborea* var. *septentrionalis*,



**Рис. 2.** Разрезы озерно-болотных отложений на побережье зал. Касатка со слоями пунамитенных песков. Разрезы А, Б, В по [11]. 1 – песок, 2 – суллинок, 3 – супесь, 4 – галька и щебень, 5 – торф, 6 – торфянистый алевроит, 7 – гиттия, 8 – почва, 9 – уголь, 10 – вулканический пепел. Приведен радиоуглеродный и календарный возраст: <sup>14</sup>С л.н./<sup>14</sup>С кал. л.н.  
**Fig. 2.** Lacustrine-swamp sections on the Kasatka Bay coast with tsunami sand layers. Section А, Б, В according to [11]. 1 – sand, 2 – loam, 3 – sandy loam, 4 – pebble and rubbles, 5 – peat, 6 – peaty silt, 7 – gittia, 8 – soil, 9 – charcoal, 10 – volcanic ash. Radiocarbon and calendar age: <sup>14</sup>С yr BP / <sup>14</sup>С cal. yr BP is given.

*Nitzschia sigma*. Смена обстановок осадконакопления произошла в начале похолодания (~3500 кал. л.н.), ярко проявившегося на о. Итуруп [33, 34]. Уменьшение глубины и активное заболачивание на этом рубеже отмечено и в развитии других береговых озер Южных Курил [35–37]. В то же время следует отметить, что смена обстановок была очень резкой, что нетипично для эволюционного развития водоемов. В перекрывающем торфянике преобладают диатомеи из родов *Pinnularia* (30 видов) и *Eunotia* (22 вида). В нижней части в число доминирующих входят распространенные в северных водах *Pinnularia lata* (20–38 %) и *P. major* (до 8 %), космополиты *P. viridis* (8–16 %), *P. microstauron* (6 %). В верхней доминируют ацидофилы *Eunotia praerupta* (до 70 %), *E. glacialis* (до 19.5 %), *E. fallax* (до 9 %).

Озерно-болотные отложения включают до трех слоев тефры андезитового состава, представленных оливковыми алевритами. Наиболее древний, залегающий в гиттии, образовался в начале позднего голоцена. Нижний слой тефры в торфянике, предположительно, имеет возраст около 1770±60 л.н. (1660±70 кал. л.н.), ГИН-8644; 1770±65 л.н. (1660±80 кал. л.н.), ГИН-8620. Прослой андезитовой тефры такого возраста обнаружен в разрезах почвенно-пирокластического чехла Куйбышевского перешейка и в торфянике на дюнном поле Куйбышевского залива (рис. 2). Для этого же прослоя получена <sup>14</sup>C-дата 1530±90 л.н. (1430±90 кал. л.н.), ГИН-7386 [11, 31]. Выше лежащий слой тефры, вероятно, имеет возраст около 1000 л.н. На юге зал. Касатка около устья р. Маловодная (разрез 9898) под прослоем андезитовой тефры из почвы получена <sup>14</sup>C-дата 1180±60 л.н. (1100±80 кал. л.н.), ГИН-10491; из торфа над прослоем тефры – 1000±40 л.н. (890±50 кал. л.н.), ГИН-10490. В верхней части торфяника в северной части залива (разрез 4309) обнаружен вулканический пепел, представленный белым алевритом. Это маркирующая тефра Та-а (1739 г.) влк. Тарумаи (о. Хоккайдо), широко распространенная в голоценовых разрезах о. Итуруп [38, 39]. Вулканическое стекло имеет риолитовый состав и относится к среднекалийной группе.

В разрезах торфяника встречено до 3–4 прослоев мелкозернистых хорошо сортиро-

ванных песков (мощность 2–5 см) цунамигенного происхождения. Их возраст оценивается около 2360 л.н. (2430±180 кал. л.н.), 1530 (1430±90 кал. л.н.), 780 (710±50 кал. л.н.), 250 л.н. (260±100 кал. л.н.) [11, 31]. По имеющимся данным, с учетом результатов реконструкций Р.Ф. Булгакова с соавторами [11], выделены палеоцунами Ts2–Ts5; прослой в верхней части разреза 4209 был образован, вероятно, в одно из исторических цунами (Ts1). Наиболее хорошо выдержаны по простиранию прослой песка самого древнего события (Ts5) и одного из молодых (Ts2), залегающие ниже вулканического пепла Та-а, остальные лежат линзами и прослеживаются не во всех разрезах, что может свидетельствовать о большой скорости потока.

О затоплении болота морской водой свидетельствуют морские диатомеи. Так, в разрезе 4009 в инт. 0.95–1.00 м прослой песка (Ts3) отсутствует, но среди пресноводного комплекса найдены сублиторальный *Actinoptychus senarius*, океанические *Coscinodiscus marginatus*, *C. asteromphalus*, *Coscinodiscus* sp., неритические *Shionodiscus oestrupii*, *Thalassionema nitzschioides*, что может свидетельствовать о заплеске цунами за пределами зоны осадконакопления. В инт. 0.10–0.15 м обнаружено самое большое разнообразие морских видов. Присутствуют океанические *Coscinodiscus marginatus*, *C. asteromphalus*, *Thalassiosira eccentrica*, неритический *Shionodiscus oestrupii*, сублиторальный *Actinoptychus senarius*, а также вымершие виды, которые могли неоднократно переоткладываться из морских неогеновых отложений, широко распространенных в обрамлении залива. Эти находки также могут быть свидетельством затопления поверхности во время сильного исторического цунами.

Прослой морского песка был обнаружен в разрезах торфяника около протоки из оз. Благодатное (разрезы 4709, 4809) в 700 м от береговой линии (рис. 2). Этот прослой, судя по положению в разрезе и данным тефростратиграфии, образовался во время прохождения палеоцунами Ts3.

На заболоченном перешейке за штурмовым валом между озерами Октябрьское и Среднее (высота 1 м н.у.м.) прослой цунамигенных песков обнаружены в разрезах озер-

но-болотных отложений в 400–540 м от береговой линии (рис. 3). В основании разрезов выходят морские отложения, представленные среднезернистым песком; в верхней части залегает прослой вулканического пепла Та-а. Изучение диатомовых комплексов позволило доказать морское происхождение трех прослоев песков. Среди морских диатомей обнаружены сублиторальные виды, характерные для полузакрытых бухт и заливов, *Achnanthes brevipes*, *Actinocyclus octonarius*, *Thalassiosira hyperborea* var. *septentrionalis*, *Cocconeis californica*, *C. costata*, неритический *Stephanopyxis nipponica* и фрагменты пелагических видов *Coscinodiscus* sp., *Thalassiosira* sp.

Гранулометрический состав цунамигенных отложений характеризуется одномодальными (Ts1 0.2–0.25 мм, Ts5 0.315–0.4 мм), бимодальными (Ts2, Ts3 моды 0.315–0.4; 0.5–0.63 мм) и полимодальными (основная мода 0.08–0.1 мм) кривыми распределения (рис. 4). В отличие от пляжевых и дюнных песков, осадок включает примесь алеврита и менее сортирован. На перешейке по мере продвижения вглубь суши материал становится более тонким и сортированным, но положение модальных фракций сохраняется. Мелкозернистый песок Ts1 в отложениях торфяника близок по структуре с осадками осушки: материал поступал с верхней части берегового склона. На перешейке осадки исторического цунами, выходящие выше вулканического пепла Та-а, грубее, чем пляжевые пески, преобладал материал абразионного происхождения с бортов бухт. По структурным характеристикам цунамигенные пески Ts2 и Ts3 сходны с пляжевыми песками вершины залива с двумодальными кривыми распределения. По-видимому, основным источником материала был пляж. Отложения палеоцунами Ts4 включают большую долю

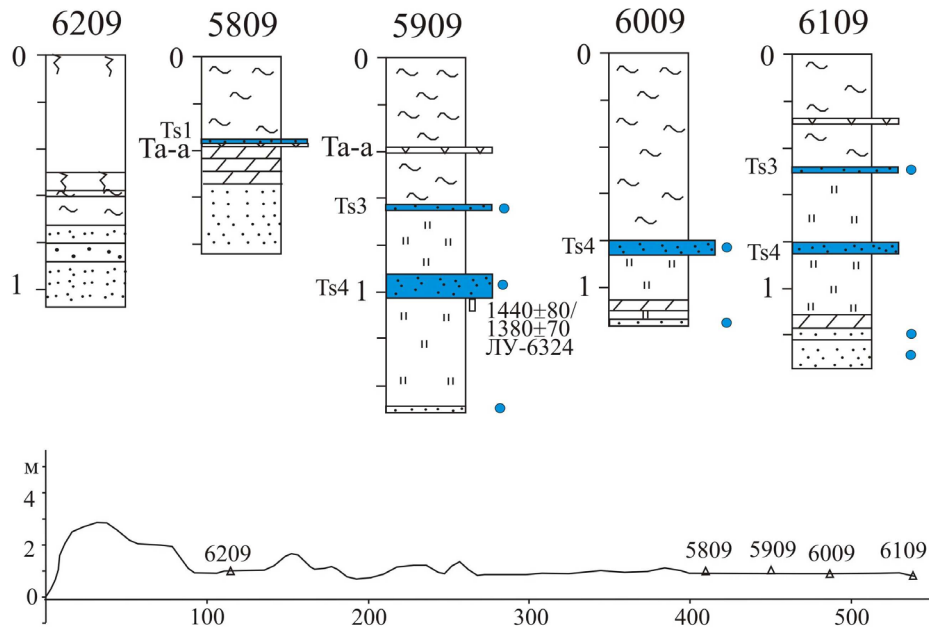


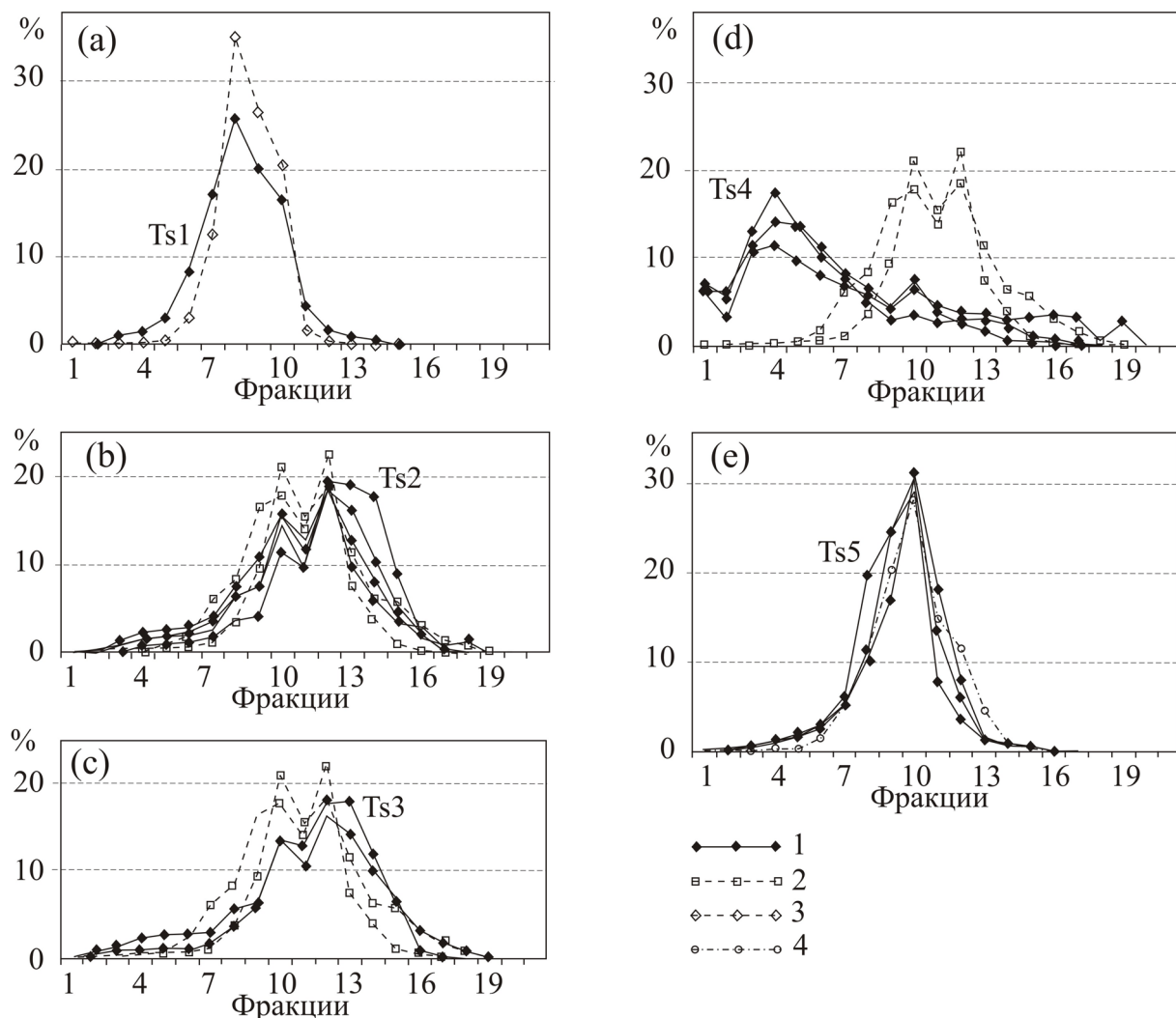
Рис. 3. Разрезы озерно-болотных отложений на перешейке между озерами Октябрьское и Среднее со слоями цунамигенных песков. Голубые кружки – находки морских диатомей.

Fig. 3. Lacustrine-swamp sections on isthmus between Oktyabrskoe and Srednee lakes with tsunami sands. Blue circles – presence of marine diatoms.

алевритовых фракций при наличии хорошо выраженной моды 0.315–0.4 мм. Материал поступал в основном с подводного берегового склона и частично с пляжа. Палеоцунами Ts5 вызвало активную эрозию дюн, которые были основным источником материала.

Наличие морских диатомей, хорошая выдержанность прослоев отложений по простиранию далеко за пределами зоны пляжа, сложенного на этом участке берега хорошо окатанными валунами, уменьшение мощности слоев и крупности материала вглубь суши позволяют предположить, что данные пески фиксируют прохождение в районе зал. Касатка двух крупных цунами позднего голоцена. Высота заплеска была более 3 м, ширина зоны затопления превышала 0.5 км. Возраст палеоцунами оценивается около 1.4–1.5 тыс. л.н. ( $^{14}\text{C}$ -дата из подстилающего торфа  $1440\pm 70$  л.н.,  $1350\pm 60$  кал. л.н., ЛУ-6324) и  $\sim 750$  л.н., что хорошо сопоставляется с событиями Ts3 и Ts4, отложения которых обнаружены в разрезах заросшего озера. Прослой песка выше тefры Та-а был образован во время исторического цунами Ts1.

В районе Буревестника прослоев морских песков за пределами зоны штормового воздействия не было обнаружено.



**Рис. 4.** Гранулометрический состав осадков палеоцунами, песков пляжа, осушки и дюн побережья зал Касатка, о. Итуруп. Фракции: (1) <0.05; (2) 0.05–0.063; (3) 0.063–0.08; (4) 0.08–0.1; (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) 2–2.5; (19) 2.5–3; (20) 3–4; (21) 4–5 мм. Отложения: 1 – цунами; 2 – пляжа; 3 – осушки; 4 – дюн.

**Fig. 4.** Grain size of paleotsunami deposits, beach sand, tidal flat and dunes of Kasatka Bay coast, Iturup Island. Fractions: (1) <0.05; (2) 0.05–0.063; (3) 0.063–0.08; (4) 0.08–0.1; (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) 2–2.5; (19) 2.5–3; (20) 3–4; (21) 4–5 mm. Deposits: 1 – tsunami; 2 – beach; 3 – tidal flat; 4 – dunes.

### Корреляция событий

Наибольшая неопределенность существует в привязке исторического цунами, отложения которого залегают выше пеплового прослоя Та-а. Высота заплеска этого цунами на побережье зал. Касатка должна быть не менее 5 м. Крупное цунами в регионе, которое достигло о-ва Итуруп, наблюдалось 25.04.1843 ( $M = 8.4$ ) [22, 26]. Очаг (землетрясение Tokachi-oki) находился к востоку от о. Хоккайдо напротив равнины Токачи [21]. Заплеск на берегах Хоккайдо был более 5 м

[3]. В проксимальной зоне на побережье Восточного Хоккайдо выше вулканического пепла Та-а встречено только два прослоя цунамигенных песков, покровы имеют незначительную протяженность вглубь суши, нижний прослой предположительно относят к цунами 1843 г., он встречен около г. Аккешы (Akkeshi) и на болотном массиве Киритаппу (Kiritappu marsh), севернее эти осадки не встречаются [2, 3, 25].

В разрезах на юге Малых Курил также были обнаружены цунамигенные пески выше вулканического пепла Та-а. На больших

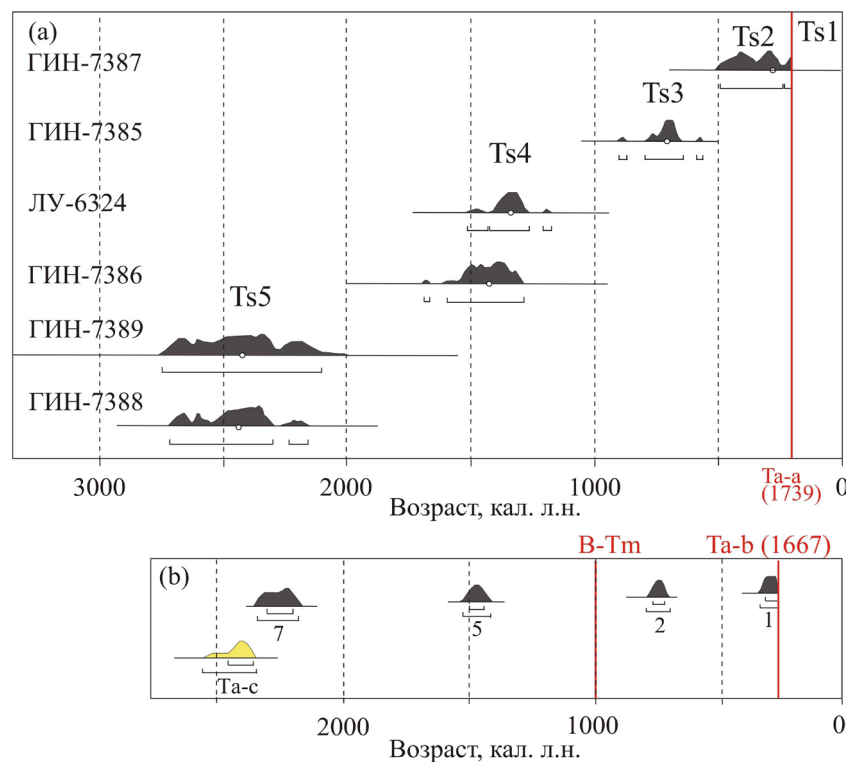
высотах (9–10 м) найдено 1–2 прослоя цунамигенных песков (о. Зеленый). Нижний, предположительно, образовался при цунами 22.03.1894 (землетрясение Nemuro-oki,  $M = 7.9–8.2$ ) с очагом к востоку от п-ова Немуро, верхний – след Шикотанского цунами 04.10.1994 ( $M = 8.3$ ) [9, 40]. На Восточном Хоккайдо осадки цунами Nemuro-oki 1894 г. найдены локально на п-ове Немуро, на болоте Мотириппу (Mochirippu) и около г. Кусиру [41–43]. На о. Юрий отложения предположительно этого цунами найдены на высоте около 4 м. На островах Танфильева, Зеленый, Шикотан отложения исторических цунами обнаружены только на низких уровнях. Можно предположить, что в зал. Касатка проявилось сильное региональное цунами XVIII в. с очагом, расположенным около островов Уруп или Итуруп. В инструментальный период на о. Итуруп из региональных событий высокие заплески отмечены для цунами с очагами к востоку от о. Уруп [22]. В XVIII в. известно сильное цунами 29.06.1780 ( $M = 7.5$ ) с очагом около о. Уруп, где заплеск достигал 12 м [22]. Возможно, высокие заплески были и на о. Итуруп.

Палеоцунами, следы которых обнаружены в озерно-болотных отложениях на побережье зал. Касатка (рис. 5), хорошо коррелируют с наиболее сильными событиями, проявившимися на юге Курил и о. Хоккайдо.

Цунами, датированное на о. Итуруп ~260 кал. л.н., ГИН-7387 [11, 31], попадает в диапазон  $1670 \pm 140$  г. и отвечает прохождению мегацунами XVII в. Отложения этого цунами (мощность до 5 см) широко распространены на Малой Курильской гряде и о. Кунашир. На юге Малой Гряды заплески превышали 9–10 м, в закрытых бухтах о. Шикотан волна распространилась до 470 м вглубь суши; зона затопления на низменных

участках о. Кунашир превышала 1 км [7, 8]. На Восточном Хоккайдо цунами, произошедшее в XVII в., было самым значительным из последних событий [2, 3, 41, 44–48]. Мощности отложений в отдельных разрезах превышает 30 см. Вертикальный заплеск был до 18 м на равнине Токачи и до 10 м на п-ове Немуро [42]; зона затопления в районе Киритаппу достигала 3 км [3, 46]. Отложения цунами XVII в. найдены на юге Хоккайдо, берег округа Хидака (Hidaka), покров песка здесь прослежен до 150 м вглубь суши, вертикальный заплеск составил 3.86 м [49].

Исторических документов о проявлении этого цунами нет. Предполагается, что оно произошло в начале XVII в., поскольку отложения перекрываются маркирующими пеплами Us-b (1663) влк. Усу, Та-b (1667) влк. Тарумаи и Ко-с2 (1694) влк. Комагатаке. Согласно варвостратиграфии оз. Харутори (Harutori Lake),



**Рис. 5.** Сравнение результатов радиоуглеродного датирования отложений палеоцунами. (а) Возрастной диапазон ( $2\sigma$ ) отложений палеоцунами на побережье зал. Касатка, о. Итуруп. (б) Возрастной диапазон моделированных значений отложений палеоцунами на побережье равнины Токачи, Восточный Хоккайдо. 1–7 номера палеоцунами (по: [48]). Красным выделены индекс и возраст вулканических пеплов.

**Fig. 5.** Comparison of the radiocarbon dating results of paleotsunami deposits. (a) Age range ( $2\sigma$ ) of paleotsunami deposits on the Kasatka Bay coast, Iturup Island. (b) Model age range of paleotsunami deposits on the Tokachi Plain coast, East Hokkaido. 1–7 paleotsunami numbers (according to [48]). Index and age of volcanic ashes are highlighted in red.

время прохождения цунами определяется около 1637 г. [3]. Предполагается, что цунами было вызвано гигантским землетрясением ( $M = 8.8$ ). Численное моделирование и сравнение смоделированных зон затопления и распределения отложений цунами показало, что наиболее вероятной причиной мегацунами было мультисегментное субдукционное землетрясение с большой подвижкой вблизи оси желоба к востоку от Хоккайдо [3, 50]. Землетрясение вызвало косейсмический подъем берега на 1–1.5 м на протяжении ~100 км – от п-ова Немуро до г. Кусиро [16, 25, 51]. Остров Итуруп находился около северной границы распространения волн этого гигантского цунами.

Палеоцунами (Ts3) с высотой заплеска >5 м на о. Итуруп и возрастом около 710 кал. л.н. отвечает мегацунами, проявившемуся на юге Курил и побережье Восточного Хоккайдо в XIII в. На о. Шикотан высота заплеска была  $\geq 7.5$  м, зона затопления – до 600 м, на о. Полонского – до 10 м и >700 м; на о. Зеленый – до 8.5 м и 200 м; на о. Юрий – до 7.5 м и 500 м; на о. Танфильева >9 м и 600 м соответственно. На низменном Серноводском перешейке о. Кунашир зона затопления была не менее 1170 м [8]. На Восточном Хоккайдо цунамигенный песок этого возраста обнаружен на побережье равнины Токачи, около г. Кусиро, в зал. Аккеши, низменности Киритаппу, эстуарии Оннето и на побережье п-ова Немуро. Мощность песчаных покровов больше, а простираение вглубь суши шире на п-ове Немуро, чем на побережье равнины Токачи [3, 42, 48, 52]. На болоте Киритаппу покров песка цунами XIII в. простирается дальше вглубь суши (>3 км) по сравнению с цунами XVII в. [45, 46]. Землетрясение вызвало подъем п-ова Немуро, что зафиксировано в строении барьерной формы оз. Фурен (коса Hashirikotan) [53, 54] и других участков берега [55]. Предполагается, что цунами было вызвано мультисегментным землетрясением ( $M = 8.6$ ) с очагом в южной части Курило-Камчатского желоба, охватывающим сегменты Немуро и Токачи, эпицентр располагался восточнее по сравнению с землетрясением XVII в. [25, 46]. Поскольку очаг был приближен к крайнему югу Курил, на о. Итуруп палеоцунами XIII в. было более выражено, чем цунами XVII в.

Палеоцунами Ts4, произошедшее около 1430 кал. л.н. и зафиксированное в разрезах торфяников на побережье зал. Касатка, коррелирует с мегацунами, отложения которого найдены на юге Курил и Восточном Хоккайдо. На о. Шикотан зона затопления с тихоокеанской стороны была более 600 м, высота заплеска – 5 м, со стороны Южно-Курильского пролива высота заплеска была >3 м, в вершинах закрытых бухт цунами проникало на расстояние >400 м. На о. Полонского заплеск оценивается >6.5 м, зона затопления >750 м, близкие оценки сделаны для о. Зеленый; на о. Юрий высота заплеска составляла >7.3 м, цунами полностью перехлестнуло низменные перешейки; на о. Танфильева прослой песка этого цунами найден на высоте около 6 м н.у.м. в 400 м от берега. На побережье Восточного Хоккайдо отложения этого цунами найдены на п-ове Немуро (высота заплесков >10 м, зона затопления 400 м [42, 52, 56]), на болоте Киритаппу (зона затопления >2.6 км [46]), болоте Мотириппу [25, 43], около г. Аккеши [57], г. Кусиро [45]; на берегах равнины Токачи [42, 48].

Палеоцунами, запечатленное в отложениях заросшего озера на о. Итуруп около 2.3–2.4 тыс. кал. л.н., можно соотносить с палеоцунами, произошедшим около 2.3 тыс. кал. л.н. на о. Уруп. Следует отметить, что датирование событий в этом возрастном диапазоне не может достичь высокой точности, поскольку на калибровочной кривой хорошо выражено протяженное плато [19] и при переводе радиоуглеродного возраста в календарный получается довольно широкий возрастной диапазон. Отложения (мощность 2 см) найдены в разрезе торфяника на побережье бухты Осьма. Зона затопления составила 400–500 м, высота заплеска – не менее 5 м [10]. Здесь отложения цунами перекрыты тефрой С-Кг, источником которой был вулкан Ветрового перешейка, его извержение произошло около 2000 л.н. [12]. Цунами близкого возраста ярко проявилось на Малых Курилах. Здесь отложения палеоцунами залегают в разрезах торфяников чуть выше вулканического пепла Та-с (2.4–2.5 тыс. л.н.) влк. Тарумаи. В закрытых бухтах о. Шикотан горизонтальный заплеск был более 200–500 м [58], с тихоокеанской стороны – 500–800 м,



высота заплеска была 3–5 м [59]. На о. Полонского высота заплеска превышала 5–6 м, дальность затопления – 800 м, на о. Зеленый – 7 и 700 м, о. Юрий – >7 и 500 м, о. Танфильева – 8 м и >500 м соответственно. На Восточном Хоккайдо в это время также выделяется одно из мегацунами, связанное с крупным землетрясением ( $M = 8.6$ ) [42, 46]. Цунамигенный песок найден на болотах п-ова Немуро [53, 56], Киритаппу, где заплеск был более 2 км [46]; около Аккеша, оз. Харутори (Harutori-ko) в г. Кусиро, где среди тонкослойных илов обнаружен слой цунамигенного песка (мощностью до 50 см), горизонтальный заплеск был более 400 м [52]. Цунами проявилось и на равнине Токачи, мощность отложений тут значительно меньше [42, 48, 57]. Увеличение вертикального и горизонтального заплесков, а также мощности слоя осадков является свидетельством, что очаг цунамигенного землетрясения располагался в южной части желоба в секторах напротив Немуро–Кусиро. Землетрясение вызвало подъем берега на участке от Кусиро до Немуро [55]. Для двух палеоцунами, произошедших около 1.5 и 2.3–2.4 тыс. л.н., не было построено сейсмологических моделей, но предполагается, что причиной были мультисегментные землетрясения с большими подвижками [3, 25]. В периферийную зону распространения цунами, вероятно, попадали острова Итуруп и Уруп.

### Заключение

На побережье зал. Касатка о. Итуруп идентифицированы отложения от наиболее сильных цунами, проявившихся здесь за последние 3500 лет. Выделены следы одного исторического цунами, имевшего региональный масштаб, и 4 палеоцунами (XVII, XIII вв., 1.5, 2.3–2.4 тыс. кал. л.н.). Высота заплесков выявленных событий составляла более 5 м, дальность затопления превышала 250–500 м. Средняя повторяемость таких цунами составляет 500–700 лет. События хорошо сопоставляются с мегацунами, восстановленными для юга Курильской гряды и наиболее ярко проявившимися на побережье Восточного Хоккайдо. Остров Итуруп попадал в северную краевую зону распространения волн цунами, а палеоцунами 2.3–2.4 тыс. кал. л.н., вероятно, достигло юга о. Уруп. Цунами были вызваны

гигантскими мультисегментными землетрясениями с очагами в южной части Курило-Камчатского желоба в районе о. Хоккайдо. Как показало Тохоку цунами 2011 г., заплески цунами трансокеанского масштаба, имевшие очаги в Японском желобе, не имели катастрофических последствий на Южных Курилах, попадавших в периферийную зону распространения волны. Региональные цунами в инструментальный период наблюдения имели меньший пространственный масштаб и, несмотря на высокие заплески на отдельных участках берега, практически не оставили следов в геологической летописи в районе исследования. При региональных цунами к наиболее цунамиопасным участкам относится берег в вершине зал. Касатка, где по пляжу следует транспорт по маршруту Курильск–Буревестник–Горный, а также находится причал в пос. Буревестник.

### Список литературы

1. Minoura K., Nakaya S. 1991. Traces of tsunamis preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from Northeast Japan. *Journal of Geology*, 99(2): 265–287. <https://doi.org/10.1086/629488>
2. Nanayama F., Satake K., Furukawa R., Shimokawa K., Atwater B.F., Shigeno K., Yamaki S. 2003. Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kurile trench. *Nature*, 424(6949): 660–663. <https://doi.org/10.1038/nature01864>
3. 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: *Characterization of modern and historical seismic-tsunami events, and their global-societal impacts*. London: Geological Society, Special Publ., 501: 131–157. <https://doi.org/10.1144/sp501-2019-99>
4. Pinegina T.K., Bazanova L.I., Zelenin E.A., Bourgeois J., Kozhurin A.I., Medvedev I.P., Vydrin D.S. 2018. Holocene tsunamis in Avachinsky Bay, Kamchatka, Russia. *Pure and Applied Geophysics*, 175(4): 1485–1506. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1830-0>
5. 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>
6. 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>
7. Iliiev A.Ya., Kaistrenko V.M., Gretskaya E.V., Tikhonchuk E.A., Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Kharlamov A.A. 2005. Holocene tsunami traces on Kunashir Island, Kurile subduction

- zone. In: *Tsunamis: Sources, Monitoring and Coastal Hazards*. Kluwer Publ., p. 171–192. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3331-1\\_10](https://doi.org/10.1007/1-4020-3331-1_10)
8. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Арсланов Х.А., Кайстренко В.М., Горбунов А.О., Петров А.Ю. **2017**. Проблема палеореконокструкций мегацунами на Южных Курилах. *Тихоокеанская геология*, 36(1): 37–49.
  9. Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Пономарев В.И., Харламов А.А. **2022**. Отклик озерной экосистемы Малой Курильской гряды на палеоклиматические и сейсмические события. *Геофизические процессы и биосфера*, 21(4): 53–73. <https://doi.org/10.21455/GPB2022.4-4>
  10. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Ganzey K.S., Kaistrenko V.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Rybin A.V. **2019**. Multiproxy record of late Holocene climatic changes and natural hazards from paleolake deposits of Urup Island (Kuril Islands, North-Western Pacific). *Journal of Asian Earth Sciences*, 181: 103916. <https://doi.org/10.1016/J.JSEAES.2019.103916>
  11. Булгаков Р.Ф., Иванов В.Н., Храмушин В.Н., Певзнер М.М., Сулержицкий Л.Д. **1995**. Исследование следов палеоцунами для цунамирайонирования. *Физика Земли*, 2: 18–27.
  12. Бергаль-Кувикас О.В., Смирнов С.З., Агатова А.Р., Дегтерев А.В., Разжигаева Н.Г., Пинегина Т.К., Портнягин М.В., Карманов Н.С., Тимина Т.Ю. **2023**. Голоценовое эксплозивное извержение на перешейке Ветровой (о. Итуруп) как источник маркирующего горизонта тефры (~2000 лет назад) в центральной части Курильской островной дуги. *Доклады РАН*, 511(1): 46–54. <https://doi.org/10.31857/S2686739723600601>
  13. Ishibashi K., Satake K. **1998**. Problems on forecasting great earthquakes in the subduction zones around Japan by means of paleoseismology. *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan. 2<sup>nd</sup> ser.)*, 50(appendix): 1–21. [https://doi.org/10.4294/zisin1948.50.appendix\\_1](https://doi.org/10.4294/zisin1948.50.appendix_1)
  14. Dawson A.G., Shi S. **2000**. Tsunami deposits. *Pure and Applied Geophysics*, 157: 875–897. <https://doi.org/10.1007/s000240050010>
  15. Pinegina T.K., Bourgeois J. **2001**. Historical and paleotsunami deposits on Kamchatka, Russia: long-term chronologies and long-distance correlations. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1(4): 177–185. <https://doi.org/10.5194/nhess-1-177-2001>
  16. Atwater B.F., Furukawa R., Hemphill-Haley E., Ikeda Y., Kashima K., Kawase K., Kesley H.M., Moore A.L., Nanayama F., Nishimura Y., Odagiri S., Ota Y., Park S.-Ch., Satake K., Sawai Y., Shimokawa K. **2004**. Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, 14(4): 487–501. <https://doi.org/10.1191/0959683604hl726rp>
  17. *Tsunamiites. Features and implications*. **2008**. Amsterdam: Elsevier Science, 411 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51552-0.X0001-X>
  18. Dura T., Hemphill-Haley E. **2020**. Diatoms in tsunami deposits. In: Engel. M., Pilarczyk J., May S.M. et al. (eds.) *Geological records of tsunamis and other extreme waves*. Amsterdam: Elsevier, p. 291–319. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815686-5.00014-6>
  19. Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Ramsey B.C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T., Hogg A.G. **2020**. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 kcal BP). *Radiocarbon*, 62(4): 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
  20. *Атлас Курильских островов*. **2009**. Москва; Владивосток: ДИК, 2009. 516 с.
  21. *NCEI/WDS Global historical tsunami database*. National Geographical data center. URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml> (accessed 15 August 2023); <https://doi.org/10.7289/V5PN93H7>
  22. Соловьев С.Л. **1978**. Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1737–1976 гг. В кн.: Саваренский У.Ф., Соловьев С.Л. (ред.). *Изучение цунами в открытом океане*. М.: Наука, с. 61–128. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-izuchenie-cunamiv-otkrytom-okeane.pdf>
  23. Соловьева О.Н. **2000**. Проявление катастрофических цунами у берегов России. В кн.: Соболев Г.А. (ред.) *Природные опасности России. Т. 2. Сейсмические опасности*. М.: КРУК, с. 231–234.
  24. Шубин В.О. **1999**. Поселения Российско-американской компании на Курильских островах. В кн.: Болховитинов Н.Н. (ред.) *Русская Америка, 1799–1999: материалы междунар. конф. «К 200-летию образования Российско-американской компании. 1799–1999»*, Москва, 6–10 сент. 1999 г. М.: ИВИ РАН, с. 220–239. URL: [https://www.booksite.ru/fulltext/russ\\_america/05\\_14.html](https://www.booksite.ru/fulltext/russ_america/05_14.html)
  25. Sawai Y. **2020**. Subduction zone paleoseismology along the Pacific coast of northeast Japan – progress and remaining problems. *Earth-Science Reviews*, 208: 103261. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2020.103261>
  26. Гусьяков В.К. **2016**. Цунами на дальневосточном побережье России: историческая перспектива и современная проблематика. *Геология и геофизика*, 57(9): 1601–1615. <https://doi.org/10.15372/GiG20160901>
  27. Шевченко Г.В., Лоскутов А.В., Кайстренко В.М. **2018**. Новая карта цунамирайонирования Южных Курильских островов. *Геосистемы переходных зон*, 2(3): 225–238. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.225-238>
  28. Королев Ю.П., Жукова Л.Д., Золотухина Н.Д., Клочков А.А., Куликов Е.А., Куркин В.Н., Кругликов А.А., Левин Б.В., Поплавский А.А., Терентьев Н.С. **1997**. Проявление 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).
  29. *Шикотанское землетрясение и цунами 4(5) октября 1994 года*. **2015**. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 128 с.

30. Кайстренко В.М., Шевченко Г.В., Ивельская Т.Н. **2011**. Проявление Тохоку цунами 11 марта 2011 года на Российском тихоокеанском побережье. *Вопросы инженерной сейсмологии*, 38(1): 41–64.
31. Булгаков Р.Ф. **1994**. *История развития южных островов Большой Курильской гряды в плейстоцене*: дис. ... канд. геогр. наук. Московский гос. ун-т, Москва. 193 с.
32. Bulgakov R. **1996**. Reconstruction of Quaternary history of southern Kuril Islands. *Journal of Coastal Research*, 12(4): 930–939. URL: <https://www.jstor.org/stable/4298543>
33. Lozhkin A., Minyuk P., Cherepanova M., Anderson P., Finney B. **2017**. Holocene environments of central Iturup Island, southern Kuril archipelago, Russian Far East. *Quaternary Research*, 88: 23–38. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.21>
34. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Дегтерев А.В., Ежкин А.К., Рыбин А.В., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. **2022**. Запись изменений природной среды в озерно-болотных отложениях горной части острова Итуруп с позднеледниковья. *Тихоокеанская геология*, 41(2): 59–74. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2022-41-2-59-74>
35. Lozhkin A.V., Cherepanova M.V., Anderson P.M., Minyuk P.S., Finney B.P. **2022**. Glukhoye Lake: Middle to Late Holocene environments of Kunashir Island (Kuril Archipelago, Russian Far East). *Boreas*, 51(2): 364–384. <https://doi.org/10.1111/bor.12565>
36. Nazarova L., Grebennikova T.A., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Belyanina N.I., Arslanov Kh.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Kharlamov A.A., Rudaya N., Palagushkina O., Biskaborn B.K., Diekmann B. **2017**. Reconstruction of Holocene environmental changes in Southern Kurils (North-Western Pacific) based on palaeolake sediment proxies from Shikotan Island. *Global and Planetary Change*, 159: 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.10.005>
37. Nazarova L., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Makarova T.R., Lyashevskaya M.S., Biskaborn B.K., Hozelmann P., Golovatyuk L.V., Diekmann B. **2023**. The middle to Late Holocene environments on the Iturup Island (Kurils, North Western Pacific). *Quaternary International*, 644–645: 5–20. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.05.003>
38. Дегтерев А.В., Пинегина Т.К., Разжигаева Н.Г., Кожурин А.И. **2021**. Голоценовая летопись вулканических извержений о. Итуруп. *Природа*, 12: 17–22.
39. Razzhigaeva N.G., Matsumoto A., Nakagawa M. **2016**. Age, source, and distribution of Holocene tephra in the southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene eruptive activities in the southern Kurile arc. *Quaternary International*, 397: 63–78. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.070>
40. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А. **2006**. Проявление палеоцунами на о. Зеленый (Малая Курильская дуга) в голоцене. *Вулканология и сейсмология*, 4: 57–73.
41. Sawai Yu. **2002**. Evidence for 17th-century tsunamis generated on the Kuril-Kamchatka subduction zone, Lake Tokotan, Hokkaido, Japan. *J. of Asian Earth Sciences*, 20(8): 903–911. [https://doi.org/10.1016/s1367-9120\(01\)00077-3](https://doi.org/10.1016/s1367-9120(01)00077-3)
42. Hirakawa K., Nakamura Y., Nishimura Y. **2005**. Holocene huge tsunami along the Pacific Coast of: including the tsunami of the 2003 Tokachi-oki earthquake. *Chikyu Monthly (Extra Edition)*, 49: 173–180. (Digital Archive).
43. Sawai Yu., Kamataki T., Shishikura M., Nasu H., Okamura Y., Satake K., Thomson K.H., Matsumoto D., Fujii Y., Komatsubara J., Aung T.T. **2009**. Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 114(B1): B01319. <https://doi.org/10.1029/2007JB005503>
44. Nanayama F., Satake K., Shimokawa K., Furukawa R., Shigeno K. **2000**. Evaluation of frequency and invasion area of large earthquake tsunamis along the Kurile subduction zone by postulated tsunami deposits. In: Sugiyama Y. (ed.) *Interim Report on Active Fault and Paleearthquake Research in the 1999 Fiscal Year. Geological Survey of Japan Interim Report # EQ/00/2*. (Annual Meeting of the Geological Society of Japan). Tsukuba, p. 1–17. URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/geosocabst/2000/0/2000\\_97\\_2/\\_article/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/geosocabst/2000/0/2000_97_2/_article/-char/en)
45. Nanayama F., Shigeno K., Soeda Y., Furukawa R., Okahashi H., Saito K., Yokoyama Y., Satake K., Nakagawa M. **2003**. Tsunami traces in the 17th century and evaluations of their inundation limits from distribution of event deposits along the southern Tokachi coasts, eastern Hokkaido, northern Japan. *Annual Report on Active Fault Paleearthquake Researches*, 3: 297–314. URL: <https://www.gsj.jp/data/actfault-eq/h14seika/pdf/tokachi.pdf>
46. Nanayama F., Furukawa R., Shigeno K., Makino A., Soeda Y., Igarashi Y. **2007**. Nine unusually large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kuril Trench. *Sedimentary Geology*, 200(3–4): 275–294. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.01.008>
47. Satake K. **2017**. Great earthquakes in the 17th century along the Kuril and Japan Trenches. *Bull. of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 92: 31–47. URL: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/BERI/pdf/IHO922401.pdf>
48. Ishizawa T., Goto K., Yokoyama Y., Miyairi Y., Sawada C., Nishimura Y., Sugawara D. **2017**. Sequential radiocarbon measurement of bulk peat for high-precision dating of tsunami deposits. *Quaternary Geochronology*, 41: 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2017.05.003>
49. Takashimizu Y., Nishina K., Kakami G., Sato Y., Okamura S., Nakanishi R., Tamura M., Hirose W., Takahashi R., Ishimaru S. **2017**. Identification of 17th-century tsunami deposits on the northern Hidaka coast, Hokkaido, northern Japan. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)*, 56(1): 1–9. <https://doi.org/10.4116/jaqua.56.1>
50. Ioki K., Tanioka Y. **2016**. Re-estimated fault model of the 17th century great earthquake off Hokkaido

- using tsunami deposit data. *Earth and Planetary Science Letters*, 433: 133–138. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.10.009>
51. Sawai Y., Satake K., Kamataki T., Nasu H., Shishikura M., Atwater B.F., Horton B.P., Kelsey H.M., Nagumo T., Yamaguchi M. **2004**. Transient uplift after a 17th-century earthquake along the Kuril subduction zone. *Science*, 306(5703): 1918–1920. <https://doi.org/10.1126/science.1104895>
  52. Nanayama F., Shigeno K., Miura K., Makino A., Furukawa R., Satake K., Saito K., Sagayama T., Nakagawa M. **2002**. Evaluation of tsunami inundation limits from distribution of event deposits along the Kuril subduction zone, eastern Hokkaido: comparison of the Tokachi and Nemuro-Kushiro coasts. *Annual Report on Active Fault Paleoseismic Researches*, 2: 209–222.
  53. Nanayama F. **2018**. The geomorphological evolution of Hashirikotan barrier spit system controlled by regional seismotronics, southern Kuril subduction zone. In: *Proceedings of the International Meeting on Eruptive History and Informatics*. Kumamoto: Kumamoto University, 2: 4–26. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322818218\\_The\\_geomorphological\\_evolution\\_of\\_Hashirikotan\\_barrier\\_spit\\_system\\_controlled\\_by\\_regional\\_seismotronics\\_southern\\_Kuril\\_subduction\\_zone](https://www.researchgate.net/publication/322818218_The_geomorphological_evolution_of_Hashirikotan_barrier_spit_system_controlled_by_regional_seismotronics_southern_Kuril_subduction_zone)
  54. Nanayama F., Watanabe K., Shigeno K., Ishii M., Ishiwata K., Inokuma S. **2018**. Giant earthquake tsunami traces and related regional crustal movements recognized around the Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan. *The Journal of the Geological Society of Japan*, 124(6): 413–433. <https://doi.org/10.5575/geosoc.2018.0013>
  55. Kelsey H., Satake K., Sawai Y., Sherrod B., Shimokawa K., Shishikura M. **2006**. Recurrence of postseismic coastal uplift, Kuril subduction zone, Japan. *Geophysical Research Letters*, 33: L13315. <https://doi.org/10.1029/2006GL026052>
  56. Nanayama F., Shigeno K., Shitaoka Y., Furukawa R. **2011**. Geological study of unusual tsunami deposits in the Kuril subduction zone for mitigation of tsunami disasters. In: *The tsunami treat – Research and Technology*. Publisher InTech, 283–298. <https://doi.org/10.5772/14249>
  57. Soeda Y., Nanayama F., Shigeno K., Furukawa R., Kumasaki N., Tsutsumi Y., Kurumazuka H., Sawai Y., Satake K., Nakagawa M., Yamada G., Katsuragawa M., Akamatsu M., Ishii M. **2003**. Nine tsunami sand deposits in peat layers at the historic site of Kokutaija Temple in Akkeshi Town, Eastern Hokkaido, and their correlation with regional tsunami events. *Report on Active Faults and Paleoseismicity*, 3: 285–296. URL: <https://www.gsj.jp/data/actfault-eq/h14seika/pdf/akkeshi.pdf>
  58. Razjigaeva N.G., Ganzey 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. *Pure Applied Geophysics*, 171(12): 3307–3328. <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0794-y>
  59. Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Харламов А.А., Ильев А.Я., Кайстренко В.М. **2008**. Геологическая летопись палеоцунами на о. Шикотан (Малая Курильская гряда) в голоцене. *Вулканология и сейсмология*, 4: 50–66. EDN: JHMZVF

## References

1. Minoura K., Nakaya S. **1991**. Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from Northeast Japan. *Journal of Geology*, 99(2): 265–287. <https://doi.org/10.1086/629488>
2. Nanayama F., Satake K., Furukawa R., Shimokawa K., Atwater B.F., Shigeno K., Yamaki S. **2003**. Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kurile trench. *Nature*, 424(6949): 660–663. <https://doi.org/10.1038/nature01864>
3. 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: *Characterization of modern and historical seismic-tsunami events, and their global-societal impacts*. London: Geological Society, Special Publ., 501: 131–157. <https://doi.org/10.1144/sp501-2019-99>
4. Pinegina T.K., Bazanova L.I., Zelenin E.A., Bourgeois J., Kozhurin A.I., Medvedev I.P., Vydrin D.S. **2018**. Holocene tsunamis in Avachinsky Bay, Kamchatka, Russia. *Pure and Applied Geophysics*, 175(4): 1485–1506. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1830-0>
5. Kaistrenko V.M. **2019**. Peculiarity of using the paleotsunami data for the tsunami hazard estimation. *Geosistemy perexodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 3(4): 403–416. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.4.403-416>
6. 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>
7. Iliev A.Ya., Kaistrenko V.M., Gretskeya E.V., Tikhonchuk E.A., Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Kharlamov A.A. **2005**. Holocene tsunami traces on Kunashir Island, Kurile subduction zone. In: *Tsunamis: Sources, Monitoring and Coastal Hazards*. Kluwer Publ., p. 171–192. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3331-1\\_10](https://doi.org/10.1007/1-4020-3331-1_10)
8. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A., Arslanov Kh.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Petrov A.Yu. **2017**. The problem of past megatsunami reconstructions on the southern Kurils. *Russian Journal of Pacific Geology*, 11(1): 34–45. <https://dx.doi.org/10.1134/S1819714017010079>
9. Razzhigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Ponomarev V.I., Kharlamov A.A. **2022**. Response of the lake ecosystem of the Lesser Kuril Ridge to paleoclimatic and seismic events. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 58(11): 1377–1397. <https://doi.org/10.1134/S0001433822110068>
10. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Ganzei K.S., Kaistrenko V.M., Ar-

- slanov Kh.A., Maksimov F.E., Rybin A.V. **2019**. Multiproxy record of late Holocene climatic changes and natural hazards from paleolake deposits of Urup Island (Kuril Islands, North-Western Pacific). *Journal of Asian Earth Sciences*, 181: 103916. <https://doi.org/10.1016/J.JSEAES.2019.103916>
11. Bulgakov R.F., Ivanov V.V., Khrumushin V.N., Pevzner M.M., Sulerzhitsky L.D. **1995**. [Study of paleotsunami traces for the tsunami zoning]. *Physics of the Earth*, 2: 18–27. (In Russ.).
  12. Bergal-Kuvikas O.V., Smirnov S.Z., Agatova A.R., Degterev A.V., Razjigaeva N.G., Pinegina T.K., Portnyagin M.V., Karmanov N.S., Timina T.Yu. **2023**. The Holocene explosive eruption on Vetrovoi Isthmus (Iturup Island) as a source of the marker tephra layer of 2000 cal. yr BP in the Central Kuril island arc. *Doklady Earth Sciences*, 511(1): 550–557. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23600597>
  13. Ishibashi K., Satake K. **1998**. Problems on forecasting great earthquakes in the subduction zones around Japan by means of paleoseismology. *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan. 2<sup>nd</sup> ser.)*, 50(appendix): 1–21. [https://doi.org/10.4294/zisin1948.50.appendix\\_1](https://doi.org/10.4294/zisin1948.50.appendix_1)
  14. Dawson A.G., Shi S. **2000**. Tsunami deposits. *Pure and Applied Geophysics*, 157: 875–897. <https://doi.org/10.1007/s000240050010>
  15. Pinegina T.K., Bourgeois J. **2001**. Historical and paleotsunami deposits on Kamchatka, Russia: long-term chronologies and long-distance correlations. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1(4): 177–185. <https://doi.org/10.5194/nhess-1-177-2001>
  16. Atwater B.F., Furukawa R., Hemphill-Haley E., Ikeda Y., Kashima K., Kawase K., Kesley H.M., Moore A.L., Nanayama F., Nishimura Y., Odagiri S., Ota Y., Park S.-Ch., Satake K., Sawai Y., Shimokawa K. **2004**. Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, 14(4): 487–501. <https://doi.org/10.1191/0959683604hl726rp>
  17. *Tsunamiites. Features and implications*. **2008**. Amsterdam: Elsevier Science, 411 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51552-0.X0001-X>
  18. Dura T., Hemphill-Haley E. **2020**. Diatoms in tsunami deposits. In: Engel M., Pilarczyk J., May S.M. et al. (eds.) *Geological records of tsunamis and other extreme waves*. Amsterdam: Elsevier, p. 291–319. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815686-5.00014-6>
  19. Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Ramsey B.C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T., Hogg A.G. **2020**. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 kcal BP). *Radiocarbon*, 62(4): 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
  20. *Atlas of the Kuril Islands*. **2009**. Moscow; Vladivostok: DIK, 516 p. (In Russ.).
  21. *NCEI/WDS Global historical tsunami database*. National Geographical data center. URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml> (accessed 15 August 2023); <https://doi.org/10.7289/V5PN93H7>
  22. Soloviev S.L. **1978**. [Main data on tsunamis on the Pacific coast of the USSR, 1737–1976]. In: Savarensky U.F., Soloviev S.L. (eds.) [*Study of tsunami in the open ocean*]. Moscow: Nauka, p. 61–128. (In Russ.). URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geoknigazuchenie-cunamiv-otkrytom-okeane.pdf>
  23. Solovieva O.N. **2000**. [Manifestation of catastrophic tsunami near Russian coasts]. In: Sobolev G.A. (ed.) [*Natural Hazards of Russia. Vol. 2. Seismic Hazards*]. Moscow: KRUK, p. 231–234. (In Russ.).
  24. Shubin V.O. **1999**. [Settlements of the Russian-American Company on Kuril Islands]. In: Bolkhovitinov N.N. (ed.) [*Russian America 1799–1999: Proceeding of Intern. Conf. «To 200-year of foundation of the Russian-American Company. 1799–1999»*], Moscow, 6–10 Sept. 1999. Moscow: IGH RAS, 220–239. (In Russ.). URL: [https://www.booksite.ru/fulltext/russ\\_america/05\\_14.html](https://www.booksite.ru/fulltext/russ_america/05_14.html)
  25. Sawai Y. **2020**. Subduction zone paleoseismology along the Pacific coast of northeast Japan – progress and remaining problems. *Earth-Science Reviews*, 208: 103261. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2020.103261>
  26. Gusiakov V.K. **2016**. Tsunamis on the Russian Pacific coast: history and current situation. *Russian Geology and Geophysics*, 57(9): 1259–1268. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.08.011>
  27. Shevchenko G.V., Loskutov A.V., Kaystrenko V.M. **2018**. A new map of tsunami hazard for the South Kuril Islands. *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2(3): 225–238. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.225-238>
  28. Korolev Yu.P., Zhukova L.D., Zolotukhina N.D., Klochkov A.A., Kulikov E.A., Kurkin E.A., Kruglikov A.A., Levin B.V., Poplavsky A.A., Terentiev N.S. **1997**. Manifestation of the 4 October 1994 tsunami on the coast of Kuril Islands. In: Sergeev K.F. (ed.) *Manifestations of certain tsunami. 1993 and 1994 Tsunami on the Russian coast*. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, p. 74–92. (In Russ.).
  29. [*The 4(5) October 1994 Shikotan earthquake and tsunami*]. **2015**. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, 128 p. (In Russ.).
  30. Kaistrenko V.M., Shevchenko G.V., Ivelskaya T.N. **2012**. Effects of the Tohoku tsunami of March 11, 2011 on the Pacific coast of Russia. *Seismic Instruments*, 48(2): 124–143. <https://doi.org/10.3103/S0747923912020041>
  31. Bulgakov R.F. **1994**. [*History of development of southern islands of the Great Kuril Ridge in the Pleistocene*]. Thesis ... Cand. of Sci. (Geography). Moscow State University, Moscow. (Manuscript). (In Russ.).
  32. Bulgakov R. **1996**. Reconstruction of Quaternary history of southern Kuril Islands. *Journal of Coastal Research*, 12(4): 930–939. URL: <https://www.jstor.org/stable/4298543>
  33. Lozhkin A., Minyuk P., Cherepanova M., Anderson P., Finney B. **2017**. Holocene environments of central Iturup Island, southern Kuril archipelago, Russian Far

- East. *Quaternary Research*, 88: 23–38. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.21>
34. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Degterev A.V., Ezhkin A.K., Rybin A.V., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu. **2022**. The records of environmental changes in lacustrine–swamp sequences within the mountain area of Iturup Island since the Late Glacial Period. *Russian Journal of Pacific Geology*, 16(2): 116–130. <https://doi.org/10.1134/s1819714022020087>
  35. Lozhkin A.V., Cherepanova M.V., Anderson P.M., Minyuk P.S., Finney B.P. **2022**. Glukhoye Lake: Middle to Late Holocene environments of Kunashir Island (Kuril Archipelago, Russian Far East). *Boreas*, 51(2): 364–384. <https://doi.org/10.1111/bor.12565>
  36. Nazarova L., Grebennikova T.A., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Belyanina N.I., Arslanov Kh.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Kharlamov A.A., Rudaya N., Palagushkina O., Biskaborn B.K., Diekmann B. **2017**. Reconstruction of Holocene environmental changes in Southern Kurils (North-Western Pacific) based on palaeolake sediment proxies from Shikotan Island. *Global and Planetary Change*, 159: 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.10.005>
  37. Nazarova L., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Makarova T.R., Lyashevskaya M.S., Biskaborn B.K., Holzmann P., Golovatyuk L.V., Diekmann B. **2023**. The middle to Late Holocene environments on the Iturup Island (Kurils, North Western Pacific). *Quaternary International*, 644–645: 5–20. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.05.003>
  38. Degterev A.V., Pinegina T.K., Razjigaeva N.G., Kozhurin A.I. **2021**. Holocene records of volcanic eruptions on Iturup Island. *Priroda = Nature*, 12: 17–22. (In Russ.)
  39. Razzhigaeva N.G., Matsumoto A., Nakagawa M. **2016**. Age, source, and distribution of Holocene tephra in the southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene eruptive activities in the southern Kurile arc. *Quaternary International*, 397: 63–78. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.070>
  40. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Kharlamov A.A. **2006**. Holocene manifestations of paleotsunamis at the Lesser Kuril arc (Zelenyi I.). *Volcanology and Seismology*, 4: 57–73. (In Russ.)
  41. Sawai Yu. **2002**. Evidence for 17th-century tsunamis generated on the Kuril-Kamchatka subduction zone, Lake Tokotan, Hokkaido, Japan. *J. of Asian Earth Sciences*, 20(8): 903–911. [https://doi.org/10.1016/s1367-9120\(01\)00077-3](https://doi.org/10.1016/s1367-9120(01)00077-3)
  42. Hirakawa K., Nakamura Y., Nishimura Y. **2005**. Holocene large-sized tsunamis: including the tsunami of the 2003 Tokachi-oki earthquake. *Chikyū Monthly (Extra Edition)*, 49: 173–180. (Digital Archive).
  43. Sawai Yu., Kamataki T., Shishikura M., Nasu H., Okamura Y., Satake K., Thomson K.H., Matsumoto D., Fujii Y., Komatsubara J., Aung T.T. **2009**. Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 114(B1): B01319. <https://doi.org/10.1029/2007JB005503>
  44. Nanayama F., Satake K., Shimokawa K., Furukawa R., Shigeno K. **2000**. Evaluation of frequency and invasion area of large earthquake tsunamis along the Kurile subduction zone by postulated tsunami deposits. In: *Interim Report on Active Fault and Paleoeearthquake Research in the 1999 Fiscal Year. Geological Survey of Japan Interim Report # EQ/00/2* (Annual Meeting of the Geological Society of Japan). Tsukuba, p. 1–17. URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/geosocabst/2000/0/2000\\_97\\_2/\\_article/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/geosocabst/2000/0/2000_97_2/_article/-char/en)
  45. Nanayama F., Shigeno K., Soeda Y., Furukawa R., Okahashi H., Saito K., Yokoyama Y., Satake K., Nakagawa M. **2003**. Tsunami traces in the 17th century and evaluations of their inundation limits from distribution of event deposits along the southern Tokachi coasts, eastern Hokkaido, northern Japan. *Annual Report on Active Fault Paleoeearthquake Researches*, 3: 297–314. URL: <https://www.gsj.jp/data/actfault-eq/h14seika/pdf/tokachi.pdf>
  46. Nanayama F., Furukawa R., Shigeno K., Makino A., Soeda Y., Igarashi Y. **2007**. Nine unusually large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kuril Trench. *Sedimentary Geology*, 200(3–4): 275–294. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.01.008>
  47. Satake K. **2017**. Great earthquakes in the 17th century along the Kuril and Japan Trenches. *Bull. of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 92: 31–47. URL: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/BERI/pdf/IHO922401.pdf>
  48. Ishizawa T., Goto K., Yokoyama Y., Miyairi Y., Sawada C., Nishimura Y., Sugawara D. **2017**. Sequential radiocarbon measurement of bulk peat for high-precision dating of tsunami deposits. *Quaternary Geochronology*, 41: 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2017.05.003>
  49. Takashimizu Y., Nishina K., Kakami G., Sato Y., Okamura S., Nakanishi R., Tamura M., Hirose W., Takahashi R., Ishimaru S. **2017**. Identification of 17th-century tsunami deposits on the northern Hidaka coast, Hokkaido, northern Japan. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyū)*, 56(1): 1–9. <https://doi.org/10.4116/jaqua.56.1>
  50. Ioki K., Tanioka Y. **2016**. Re-estimated fault model of the 17th century great earthquake off Hokkaido using tsunami deposit data. *Earth and Planetary Science Letters*, 433: 133–138. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.10.009>
  51. Sawai Y., Satake K., Kamataki T., Nasu H., Shishikura M., Atwater B.F., Horton B.P., Kelsey H.M., Nagumo T., Yamaguchi M. **2004**. Transient uplift after a 17th-century earthquake along the Kuril subduction zone. *Science*, 306(5703): 1918–1920. <https://doi.org/10.1126/science.1104895>
  52. Nanayama F., Shigeno K., Miura K., Makino A., Furukawa R., Satake K., Saito K., Sagayama T., Nakagawa M. **2002**. Evaluation of tsunami inundation limits from distribution of event deposits along the Kuril subduction zone, eastern Hokkaido: comparison of the Tokachi and Nemuro-Kushiro coasts. *Annual Report on Active Fault Paleoeearthquake Researches*, 2: 209–222.

53. Nanayama F. **2018**. The geomorphological evolution of Hashirikotan barrier spit system controlled by regional seismotectonics, southern Kuril subduction zone. In: *Proceedings of the International Meeting on Eruptive History and Informatics*. Kumamoto: Kumamoto University, 2: 4–26. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322818218\\_The\\_geomorphological\\_evolution\\_of\\_Hashirikotan\\_barrier\\_spit\\_system\\_controlled\\_by\\_regional\\_seismotectonics\\_southern\\_Kuril\\_subduction\\_zone](https://www.researchgate.net/publication/322818218_The_geomorphological_evolution_of_Hashirikotan_barrier_spit_system_controlled_by_regional_seismotectonics_southern_Kuril_subduction_zone)
54. Nanayama F., Watanabe K., Shigeno K., Ishii M., Ishiwata K., Inokuma S. **2018**. Giant earthquake tsunami traces and related regional crustal movements recognized around the Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan. *The Journal of the Geological Society of Japan*, 124(6): 413–433. <https://doi.org/10.5575/geosoc.2018.0013>
55. Kelsey H., Satake K., Sawai Y., Sherrod B., Shimokawa K., Shishikura M. **2006**. Recurrence of postseismic coastal uplift, Kuril subduction zone, Japan. *Geophysical Research Letters*, 33: L13315. <https://doi.org/10.1029/2006GL026052>
56. Nanayama F., Shigeno K., Shitaoka Y., Furukawa R. **2011**. Geological study of unusual tsunami deposits in the Kuril subduction zone for mitigation of tsunami disasters. In: *The tsunami treat – Research and Technology*. Publisher InTech, 283–298. <https://doi.org/10.5772/14249>
57. Soeda Y., Nanayama F., Shigeno K., Furukawa R., Kumasaki N., Tsutsumi Y., Kurumazuka H., Sawai Y., Satake K., Nakagawa M., Yamada G., Katsuragawa M., Akamatsu M., Ishii M. **2003**. Nine tsunami sand deposits in peat layers at the historic site of Kokutaija Temple in Akkeshi Town, Eastern Hokkaido, and their correlation with regional tsunami events. *Report on Active Faults and Paleoeearthquakes*, 3: 285–296. URL: <https://www.gsj.jp/data/actfault-eq/h14seika/pdf/akkeshi.pdf>
58. Razjigaeva N.G., Ganzey 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. *Pure Applied Geophysics*, 171(12): 3307–3328. <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0794-y>
59. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennokova T.A., Kharlamov A.A., Iliev A.Ya., Kaistrenko V.M. **2008**. The geological record of paleotsunamis striking Shikotan Island, in the Lesser Kurils, during Holocene Time. *Journal of Volcanology and Seismology*, 2(4): 262–277.

## Об авторах

**Разжигаяева Надежда Глебовна** (<https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>), доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток; на время выполнения гранта РФФ 21-17-00049 сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, [nadyar@tigdvo.ru](mailto: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 ДВО РАН, Владивосток, [lganzey@mail.ru](mailto:lganzey@mail.ru)

**Гребенникова Татьяна Афанасьевна** (<https://orcid.org/0000-0002-5805-391X>), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, [nadyar@tigdvo.ru](mailto:nadyar@tigdvo.ru)

**Харламов Андрей Александрович** (<https://orcid.org/0000-0003-2623-5388>), ведущий инженер лаборатории цунами, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

**Лоскутов Артем Владимирович** (<https://orcid.org/0000-0003-1619-3671>), кандидат физико-математических наук, руководитель лаборатории, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, [a.loscutov@imgg.ru](mailto:a.loscutov@imgg.ru)

**Булгаков Рустям Фаридович** (<https://orcid.org/0000-0001-9095-3785>), кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории береговых геосистем, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, [r.bulgakov@imgg.ru](mailto:r.bulgakov@imgg.ru)

## About the Authors

**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 Eastern Branch of RAS, Vladivostok; Institute of Volcanology and Seismology of the Far Eastern Branch of RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, [nadyar@tigdvo.ru](mailto:nadyar@tigdvo.ru)

**Ganzey, 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 of the RAS, Vladivostok, [lganzey@mail.ru](mailto:lganzey@mail.ru)

**Grebennikova, Tatiana A.** (<https://orcid.org/0000-0002-5805-391X>), Cand. Sci. (Geography), Leading Researcher, Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the RAS, Vladivostok, [nadyar@tigdvo.ru](mailto:nadyar@tigdvo.ru)

**Kharlamov, Andrey A.** (<https://orcid.org/0000-0003-2623-5388>), Leading Engineer, Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow

**Loskutov, Artem V.** (<https://orcid.org/0000-0003-1619-3671>), Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Leader of the laboratory, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, [a.loscutov@imgg.ru](mailto:a.loscutov@imgg.ru)

**Bulgakov, Rustam F.** (<https://orcid.org/0000-0001-9095-3785>), Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher of Laboratory of coastal geosystems, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, [r.bulgakov@imgg.ru](mailto:r.bulgakov@imgg.ru)

Поступила 24.08.2023

Принята к публикации 02.10.2023

Received 24 August 2023

Accepted 2 October 2023