

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 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

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

Издается 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
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
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, Nizhniy 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
- **Такахаша 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 582.89.(571.63)

<https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.375-404>
<https://www.elibrary.ru/vszyzq>

Озерные палеоархивы изменений природной среды полуострова Песчаный, Японское море (южное Приморье)

Н. Г. Разжигаева¹, Л. А. Ганзей¹, Т. А. Гребенникова¹, Л. М. Мохова¹, Х. А. Арсланов²

@E-mail: nadyar@tigdvo.ru

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. На основе комплексного изучения разрезов отложений двух барьерных озер восстановлены этапы их эволюции и развития растительности на п-ове Песчаный (южное Приморье), тесно связанного с гидроклиматическими изменениями за последние 6300 кал. лет. Одним из хронологических маркеров палеогеографической летописи является тефра кальдерообразующего извержения влк. Байтоушань (946/947 гг. н.э.). Среднеголоценовое палеозеро существовало на аккумулятивном выступе, а в начале позднего голоцена образовалось озеро на перешейке, соединяющем палеоостров с материком. В развитии озер выделяется несколько периодов обводнения, обусловленных увеличением количества атмосферных осадков. Биоиндикаторами активизации плоскостного смыва во время сильных ливней, связанных с тайфунами, являются перетолженные пресноводные диатомеи из подбазальтовых отложений. Находки створок морских и солоноватоводных диатомей свидетельствуют о прохождении экстремальных штормов. Заращение палеозера началось в конце оптимума голоцена (~5410 кал. л.н.). Периоды иссушения, как правило, связаны с похолоданиями и снижением интенсивности летнего муссона. Исключением является малый ледниковый период, когда обводнение болотного массива с реликтовым озером на перешейке резко возросло. Установлена смена кедрово-широколиственных с участием пихты цельнолиственной, берез полидоминантными широколиственными лесами. Показано, что с оптимума голоцена существовали контрастные по тепло- и влагообеспеченности экотопы. Обнаружены признаки антропогенного воздействия на геосистемы. Палеолимнологические исследования позволили выделить сложную короткопериодную климатическую ритмику среднего–позднего голоцена на побережье Амурского залива. Установлено проявление ряда холодных и теплых событий, проведена их корреляция с данными по региону и глобальными событиями, показана связь с аномалиями в океане и интенсивностью летнего муссона.

Ключевые слова: береговые озера, растительность, климатические изменения, летний муссон, циклогенез, экстремальные шторма, радиоуглеродное датирование, тефра вулкана Байтоушань, юг Дальнего Востока

Lacustrine paleoarchives of environmental changes of Peschany Peninsula, Sea of Japan (South Primorye)

Nadezhda G. Razjigaeva¹, Larisa A. Ganzey¹, Tatiana A. Grebennikova¹,
Ludmila M. Mokhova¹, Khikmatulla A. Arslanov²

@E-mail: nadyar@tigdvo.ru

¹ Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

² St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The stages of evolution of two barrier lakes and vegetation development of the Peschany Peninsula (South Primorye) have been reconstructed on the base of multi-proxy study of the sediment sequences, connected with hydroclimatic changes over the past 6300 years. Tephra of the caldera-forming eruption of Baitoushan volcano (946/947 AD) is one of the chronological markers. The Middle Holocene paleolake existed on the accumulative landform, and the lake on the isthmus connecting the paleoisland with the mainland, was formed at the beginning of the Late Holocene. Several periods of watering due to precipitation increase are distinguished in its development. Redeposited freshwater diatoms

from subbasalt deposits are bioindicators of sheet wash activation during heavy rains associated with typhoons. Findings of valves of marine and brackish diatoms indicate the passage of extreme storms. Overgrowing of the paleolake began at the end of the Holocene thermal optimum (~5410 years ago). The periods of dryness are usually associated with cooling and a decrease in the intensity of the summer monsoon. The Little Ice Age is the exception: the flooding of the swamp with a relict lake on the isthmus increased sharply. A change of Korean pine/broad-leaved forests with the participation of fir, birches and polydominant broad-leaved forests was established. It is shown that since the Holocene Optimum there have been ecotopes with contrasting heat and moisture supply. Human impact to geosystems was recorded. Paleolimnological studies made possible to identify the Middle-Late Holocene short-period climatic rhythm on the coast of the Amur Bay. The manifestation of cold and warm events has been established, their correlation with regional data and global events has been carried out, and the connection with ocean anomalies and the intensity of the summer monsoon has been shown.

Keywords: coastal lakes, vegetation, climatic changes, summer monsoon, cyclogenesis, extremal storms, radiocarbon dating, Baitoushan volcano tephra, South Far East

Для цитирования: Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Арсланов Х.А. Озерные палеоархивы изменений природной среды полуострова Песчаный, Японское море (южное Приморье). *Геосистемы переходных зон*, 2023, т. 7, № 4, с. 375–404. <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.375-404>; <https://www.elibrary.ru/vszyzq>

For citation: Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Arslanov Kh.A. Lacustrine paleoarchives of environmental changes of Peschany Peninsula, Sea of Japan (South Primorye). *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2023, vol. 7, no. 4, pp. 375–404. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.375-404>; <https://www.elibrary.ru/vszyzq>

Финансирование и благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (<https://rscf.ru/project/22-27-00222>). При подготовке и анализе проб использовалась инфраструктура Тихоокеанского института географии ДВО РАН в рамках темы государственного задания № 122020900184-5.

Авторы благодарны Т.В. Корнюшенко за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа.

Выражаем благодарность рецензентам за внимательное прочтение рукописи и конструктивные замечания.

Funding and Acknowledgements

The work was carried out with financial support of Russian Science Foundation (<https://rscf.ru/project/22-27-00222>). At preparing and analyzing of the samples the infrastructures of the Pacific Geographical Institute of the FEB RAS was used within the framework of the theme of state assignment 122020900184-5.

The Authors are grateful to Tatiana V. Korniyushenko for preparing of samples for pollen analysis.

We are grateful to the Reviewers for careful reading of the manuscript and constructive comments.

Введение

Развитие в голоцене на крайнем юге Дальнего Востока ландшафтов, отличавшихся большим разнообразием и сложностью биотических компонентов, изучено недостаточно, несмотря на то что изучению разнофациальных разрезов на побережье Приморья с целью получения палеоклиматических и палеоландшафтных летописей уделялось большое внимание [1–8]. Одними из наиболее информативных объектов для реконструкций развития природной среды в среднем–позднем голоцене являются береговые озера [9–12]. Комплексное изучение осадков современных и палеозер проводится и на побережье южного Приморья [13–18]. Развитие таких озер тесно связано с колебаниями уровня моря и литодинамическими процессами в береговой зоне. В горной части на юге Приморья был из-

учен только один разрез отложений палеоозера, позволивший получить данные о развитии низкоргорных ландшафтов Шуфанского плато на протяжении всего голоцена [19]. Анализ эволюции этого озера показал, что одним из основных факторов, определяющих развитие биотических компонентов ландшафтов, являлось изменение увлажнения, связанное с интенсивностью летнего муссона и активностью циклогенеза. Вопросы, касающиеся аномалий атмосферной циркуляции в голоцене у северной границы распространения восточноазиатского муссона, слабо разработаны. Связь гидроклиматических изменений с муссонной циркуляцией на юге российского Дальнего Востока обсуждается в работах [20–22], многочисленные исследования проведены в соседних районах Восточной Азии [23–29]. Вместе с тем для понимания сложного взаимодействия воздушных масс в переходной зоне

«континент–океан» и анализа влияния океана на региональный климат важно иметь детальные палеоклиматические данные для разных ландшафтных зон и поясов.

Цель настоящей статьи – представить новую информацию о развитии растительности побережья юга Приморья и прилегающего низкогорья, выявить связь с гидроклиматическими изменениями и оценить состояние биотических компонентов ландшафтов до их коренной трансформации при заселении края начиная с XIX в.

Материалы и методы

На п-ове Песчаный (Амурский залив) изучено два разреза озерных отложений: уступ размыта террасы (разрез 1320, 43°10.660' с.ш., 131°46.274' в.д.) в восточной части в пределах аккумулятивного выступа, и скважина (разрез 820, 43°11.078' с.ш., 131°43.053' в.д.), пробуренная в западной части полуострова в краевой части болота (в 420 м от берега моря и в 640 м от безымянного озера) на низком аккумулятивном перешейке, соединяющем палеостров с материком (рис. 1). Максимальная

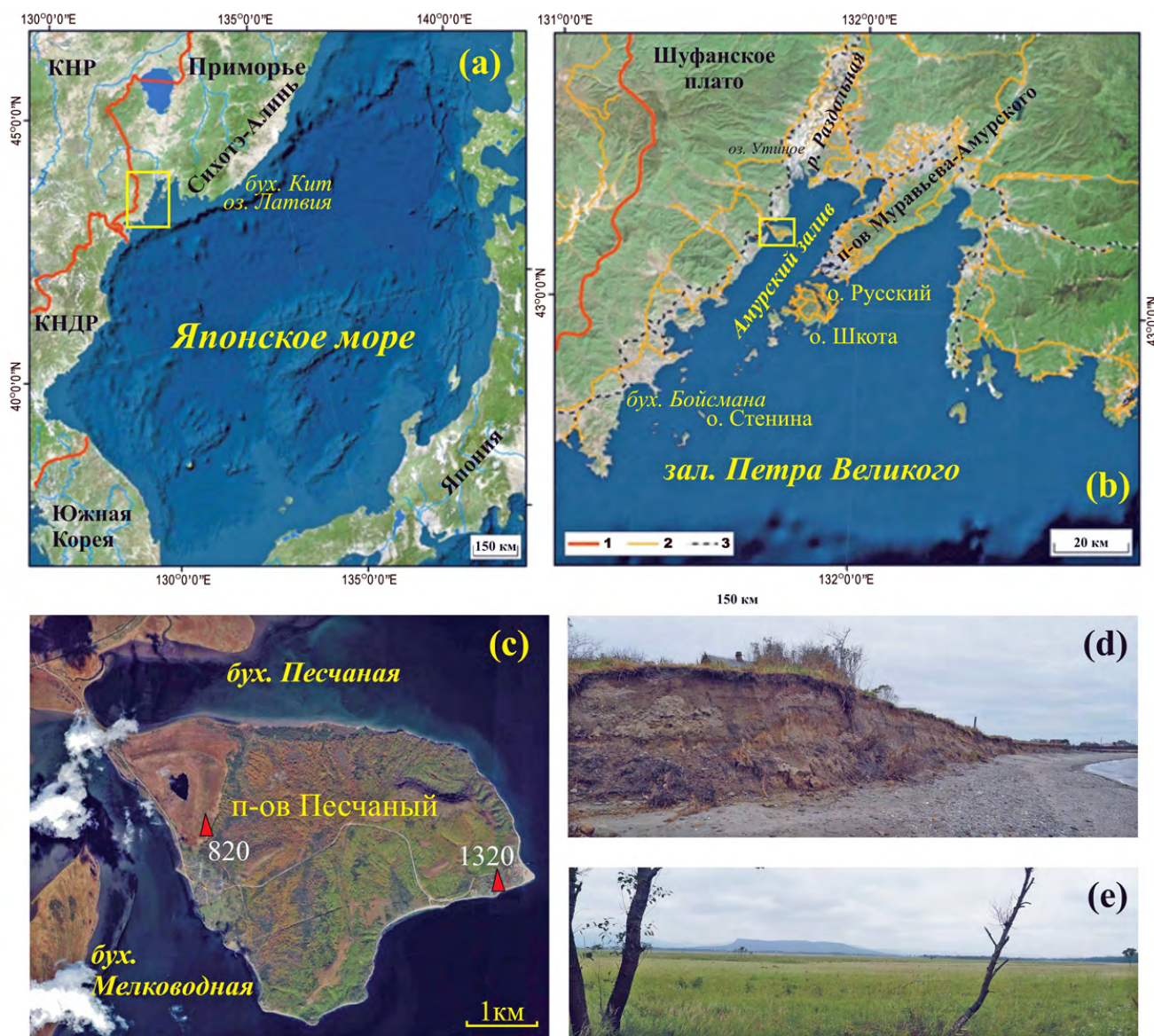


Рис. 1. Схема района работ. (а) Япономорский бассейн; (б) залив Петра Великого, показано положение района работ. 1 – государственные границы, 2 – дороги, 3 – железные дороги; (с) п-ов Песчаный с изученными разрезами озерных отложений; (d) озерная терраса (разрез 1320); (е) перешеек с безымянным озером (разрез 820).

Fig. 1. Study area. (a) Japan sea region; (b) Peter the Great Bay and position of study area. 1 – State boundary, 2 – roads, 3 – railway roads; (c) the Peschany Peninsula with studied sections of lacustrine deposits; (d) lake terrace (section 1320); (e) isthmus with unnamed lake (section 820).

высота гористой части полуострова 177 м. Рельеф устроен довольно сложно: выделяют платообразные участки на местах выходов базальтов. Возможно, это был отдельный вулканический центр. Возраст базальтов близлежащего Шуфанского вулканического поля 13.3 млн лет [30]. Уплощенный водораздел окружен крутыми обрывистыми склонами; широко распространены оползни крупных блоков; поверхность прорезана долинами низкопорядковых и многочисленных временных водотоков, густая сеть которых сформирована за счет размыва мощных рыхлых подбазальтовых отложений. В восточной части к крутому склону прислонен аккумулятивный выступ (высотой до 2–3 м), сформированный за счет поступления обломочного материала с разнонаправленными потоками наносов. В среднем голоцене аккумулятивный берег имел большую площадь, штормовые валы отгораживали озеро, на месте которого в южной части сохранился низменный заболоченный участок. В позднем голоцене остров соединился с материком за счет активной аккумуляции материала в ветровой тени, образовалось двойное томбуло (высота до 1.5–2 м), в центральной части которого возник водоем. В настоящее время сохранился его реликт с сильно заболоченными берегами.

Опробование проведено с шагом 2–5 см в зависимости от литологического состава отложений. Проведен литолого-фациальный анализ и биостратиграфическое изучение, включавшее диатомовый и спорово-пыльцевой анализы, выполненные по стандартным методикам. Подсчитано количество створок диатомей в 1 г воздушно-сухого осадка. Створки диатомей, переотложенные из подбазальтовых отложений, хорошо диагностируются и исключены из подсчетов при характеристике диатомовых комплексов; их процентное содержание определено от общего количества створок диатомей [31]. При просмотре диатомовых препаратов отмечалось присутствие микрочастиц угля и обугленных клеток растений. Подготовка проб для спорово-пыльцевого анализа проводилась с использованием тяжелой жидкости с удельным весом 2.2 г/см³ [32]. Определялось соотношение трех групп: пыльцы древесных пород

и кустарников, пыльцы трав и кустарничков, спор. Подсчет процентного содержания таксонов проводился для каждой группы. В насыщенных пылью и спорами препаратах определено от 318 до 2057 таксонов; в пробах, где встречено меньше 100 пыльцевых зерен и спор, на диаграмме указано только их присутствие. Источники отдельных таксонов определены на основе распространения лесообразующих пород на близлежащей территории. Источником пыльцы *Pinus s/g Haploxyylon* в Приморье являются кедр корейский, распространенный в составе кедрово-широколиственных лесов низкогорья, и кедровый стланик, который растет только в верхнем поясе гор и отсутствует на п-ове Песчаный и в ближайшем горном обрамлении. Поэтому мы считаем, что здесь источником этой пыльцы служит кедр корейский, источником *Pinus s/g Diploxyylon* – сосна густоцветковая, *Phellodendron* – бархат амурский. Из кустарниковых берез на побережье южного Приморья встречается только береза овалнолистная, поэтому данный вид считаем источником пыльцы *Betula sect. Fruticosae*.

Хронология основана на данных радиоуглеродного датирования, выполненного в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета (г. Санкт-Петербург), и тефростратиграфии. Радиоуглеродные даты переведены в календарные (табл. 1) по программе OxCal 4.4.1 с использованием калибровочной кривой «IntCal 20» [33]. Возрастные модели построены по программе Bacon 4.2.2 [34]. Для разреза 1320 модель «возраст–глубина» выполнена только для пачки алевропелитов, функция «slump» применялась для исключения прослоев песка, образованных во время краткосрочных событий. Возраст приведен в календарных значениях. В разрезе 820 обнаружен прослой тефры влк. Байтоушань. Привязка источника сделана по химическому составу вулканического стекла, изученного с помощью рентгеноспектрального микроанализа (EPMA) с применением сканирующего электронного микроскопа MIRA3 FE фирмы TESCAN и системы микроанализа Aztec компании Oxford Instruments в Радиовом институте им. В.Г. Хлопина (г. Санкт-Петербург).

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования озерно-болотных отложений п-ова Песчаный
Table 1. The results of radiocarbon dating of lake-swamp sediments of the Peschany Peninsula

Номер пробы	Глубина, м	Материал	Радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный возраст (календарный), кал. лет	Лабораторный номер
43/1320	0.65–0.70	Оторфованная глина	3950±110	4400±170	ЛУ-9992
40/1320	0.80–0.85	То же	3800±70	4190±110	ЛУ-9991
33/1320	1.23–1.25	–«–	3710±150	4080±210	ЛУ-10188
30/1320	1.35–1.40	–«–	3510±40	3780±60	ЛУ-10189
26-27/1320	1.53–1.58	–«–	3600±110	3910±160	ЛУ-10190
14/1320	2.05–2.10	–«–	4960±200	5710±240	ЛУ-10191
1/820	0.20–0.25	Торф	360±90	360±90	ЛУ-9987
2/820	0.35–0.40	–«–	1350±130	1240±130	ЛУ-9988
3/820	0.45–0.50	–«–	2260±80	2250±110	ЛУ-9989

Результаты и обсуждение

Эволюция обстановок осадконакопления и палеоландшафтная запись в разрезе среднеголоценового палеозера

Строение разреза и хронология. Отложения палеозера, вскрытые в уступе размыва в южной части аккумулятивного выступа, представлены в основании голубыми, а выше – светло-серыми алевропелитами, переходящими в оливково-серые и коричневые оторфованные глины, перекрытые разнотернистыми заиленными песками (рис. 2). По простиранию в восточном направлении по мере удаления от склона и долины водотока, служивших источником обломочного материала, терригенные отложения фациально замещаются оторфованными глинами. В изученном разрезе (1320) выделяются три прослоя преимущественно мелкой и средней хорошо окатанной гальки: прослой в основании террасы, отвечающий начальной фазе образования пересыпи; линза в средней части и мощный слой с фестончатым залеганием в верхней части обнажения, образовавшиеся в экстремальные шторма в фазы малоамплитудных трансгрессий. Выше лежит оторфованная глина, мелкозернистый хорошо сортированный песок с примесью алеврита и погребенная почва. Слой грубого валунно-галечного материала разной степени окатанности в кровле разреза, возможно, имеет антропогенное происхождение.

Из разреза получено шесть ^{14}C датировок (табл. 1). Достоверными принимаются три последовательные даты из оторфованных прослоев в нижней половине разреза. Эти даты были использованы для построения возрастной модели, показавшей, что накопление озерных отложений началось около 6320 л.н. (рис. 2).

Первая фаза заболачивания палеозера п-ова Песчаный была 5410–5290 л.н. В разрезе хорошо выражены вертикальные следы корней растений, которые из оторфованного слоя проникают в нижележащие озерные отложения. Более заболоченным водоем становится в начале позднего голоцена, когда, согласно возрастной модели, сформировались оторфованные слои, – 4130–4020 л.н. и 3800–3750 л.н. Доля минеральных примесей повышается в слое светло-серых алевритов, сформированном около 4020–3800 л.н., что показывает увеличение сноса терригенного материала в условиях более интенсивного плоскостного смыва – проходили сильные дожди и тайфуны. Верхняя часть алевропелитов имеет возраст около 3750 лет. Выше залегают заиленные пески, образованные в условиях резкого увеличения сноса обломочного материала со склонов из подбазальтовых отложений, что, как будет показано ниже, подтверждается биостратиграфическими данными. Возможно, резко увеличился плоскостной смыв в условиях сильных ливней. Активный смыв песчано-глинистого материала во время тайфунов характерен для этой территории [35].

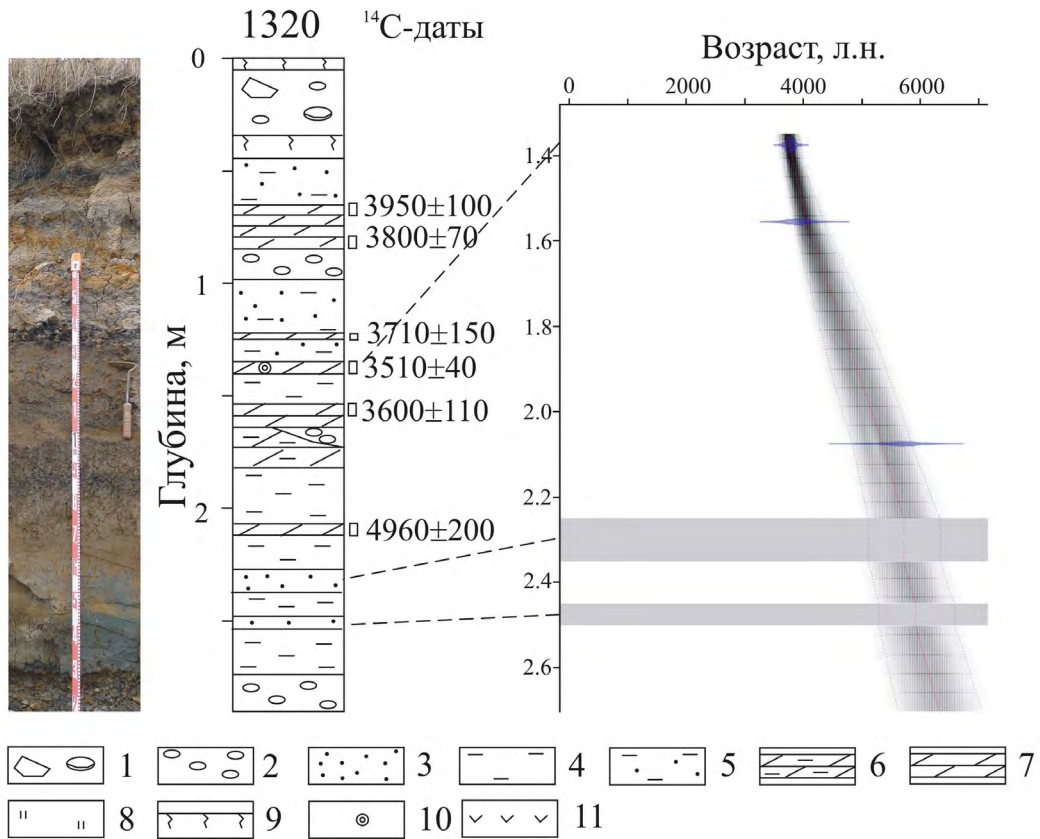


Рис. 2. Возрастная модель накопления озерных отложений: разрез 1320, п-ов Песчаный, южное Приморье. 1 – глыбы и валуны, 2 – галька, 3 – песок, 4 – алевропелит, 5 – песок с примесью алеврита, 6 – слабооторфованная глина, 7 – оторфованная глина, 8 – торф, 9 – почва, 10 – древесина, 11 – вулканический пепел. Серым показаны отложения, образованные в результате кратковременных событий (экстремальные шторма).

Fig. 2. Age-depth model for lacustrine sediments: section 1320, the Peschany Peninsula, South Primorye. 1 – blocks and boulders, 2 – pebbles, 3 – sand, 4 – silty pelite, 5 – silty sand, 6 – peaty clay, 7 – peaty clay, 8 – peat, 9 – soil, 10 – wood, 11 – volcanic ash. Gray bars show deposits formed as a result of short-term events (extreme storms).

Тонкий прослой оторфованной глины из пачки заиленных песков, из которого получен ^{14}C -дата ЛУ-10189, по-видимому, включает более древний переотложенный органогенный материал. Инверсию ^{14}C -дат в верхней части разреза трудно объяснить, не исключена антропогенная природа такой последовательности. На полуострове широко распространены памятники янковской культуры (IX–V в. до н.э.), которые изучались со времен В.К. Арсеньева: в 1921 г. он вел раскопки памятника Песчаный 1 [35, 36]. В непосредственной близости от палеозера на более высокой террасовидной поверхности по левому берегу долины ручья на месте современного поселка Песчаный располагается археологический памятник Песчаный 2 [37]. Нельзя исключать, что рядом с разрезом палеозера находились остатки жизнедеятельности (морские

раковины, кости рыб, чешуя и т.п.), которые представляли локальный резервуар древнего углерода, и грунтовые воды, проникающие по прослоям песков, могли быть им обогащены. Обогащение древним углеродом морских организмов – широко известный факт, резервуар-эффект в зал. Петра Великого составляет 370 ± 26 лет [38].

Этапы развития палеозера. Озеро образовалось около 6320 л.н. при небольшом снижении уровня моря, совпавшем с незначительным похолоданием [1, 4]. Поступление большого количества обломочного материала в береговую зону на пике трансгрессии и активизация аккумулятивных процессов при стабилизации и снижении уровня моря при высокой штормовой активности [39] привели к формированию, по классификации В.П. Зенковича [40], симметричной двойной окаймля-

ющей косы с двусторонним питанием. Образование таких озер лагунного происхождения довольно типичная картина для островов зал. Петра Великого: озерные отложения изучены на островах Русский, Шкота, Стенина [13, 15, 17]. На п-ове Песчаный замыкание кос и образование озера произошло в малоамплитудную регрессию, которая повлияла и на развитие других барьерных водоемов в береговой зоне Приморья. Так, на о. Русский на открытом побережье бухты Красная лагуна стала более закрытой и распресненной [18, 39]. В распресненной лагуне, образованной в теневой зоне (разрез «Поспелово»), органогенное осадконакопление началось около 6100 л.н. [13]. В восточном Приморье закрытие лагуны наблюдалось на побережье бухты Кит [41]. Увеличение роли пресноводных диатомовых водорослей зафиксировано и в отложениях оз. Латвия [12].

В отложениях изученного разреза определено 154 пресноводных, 14 морских и солоноватоводных видов диатомей. Среди пресноводных диатомей на фоне преобладания космополитов встречено 4 бореальных и 3 арктобореальных таксона. По отношению к солености доминируют индифференты (106 видов), галофобов обнаружено 36 и галофилов – 3. По отношению к pH среды преобладают циркумнейтральные виды (64), ацидофилов и ацидобионтов – 39 таксонов, алкалифилов и алкалибионтов – 41. Встречены пресноводные виды, характерные для неогеновых озерных отложений юга Приморья [42, 43]: вымершие бентосные *Tetracyclus lacustris* var. *lacustris*, *T. ellipticus* var. *lancea*, *T. ellipticus* var. *ellipticus* и планктонные *Aulacoseira praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica*, *A. praegr anulata* var. *praegr anulata* f. *praegr anulata*, *Melosira praedistans* f. *seriata*, *Miosira ereolata*. По морфологическим признакам к переотложенным формам отнесен и имеющий широкий возрастной диапазон *Aulacoseira italica*. Древние диатомеи поступали в водоем во время сильных ливней в результате размыва подбазальтовых отложений с плоскостным смывом и выносились низкопорядковым водотоком.

По соотношению видов выделено 9 комплексов диатомей, отвечающих этапам эволюции водоема (рис. 3).

В основании разреза (комплекс 1, инт. 2.55–2.85 м, 6320–6020 л.н.) преобладают виды обрастаний (до 72.5 %). В числе доминирующих отмечен *Eunotia praerupta*, населяющий олиготрофно-дистрофные водоемы и способный обитать на мхах в условиях осушения [44, 45], и *E. bidens*, также обитающий в олиготрофно-дистрофных водоемах, иногда характеризующийся как североальпийский вид [46]. В Китае этот вид был найден в холодных источниках в горах Чанбайшань [47]. В заполнителе галечника наблюдается высокое содержание обитателей мелководных олиготрофно-дистрофных водоемов: видов рода *Pinnularia* и арктобореального обрастателя *Fragilariforma nitzschoides* [46]. Выше в алевропелитах заметно повышается участие вида, характерного для холодных олиготрофно-мезотрофных водоемов, – *Eunotia glacialis* [46]. Присутствие планктонных *Aulacoseira alpigena*, *A. granulata*, обрастателей *Odontidium anceps*, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema grunowii* указывает на влияние водотока, а наличие вымерших видов (до 8.8 %) – о размыве неогеновых отложений. Содержание почвенных диатомей (*Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis*) в подошве слоя достигает 13.9 % и снижается к кровле до 4.1 %, что отражает прогрессирующее увеличение увлажнения. Доминируют галофобы (до 66.3 %) и ацидофилы (до 54.3 %). Концентрация створок ≤ 32 тыс./г сухого осадка.

Состав диатомей указывает на развитие мелководного относительно прохладного олиготрофно-дистрофного водоема с возможными осушками. Найдены единичные створки морских видов *Paralia sulcata*, *Neodenticula seminae*, *Actinocyclus octonarius*, *Rhabdonema arcuatum*, фрагменты *Coscinodiscus oculus-iridis* и солоноватоводных *Cosmioneis pusilla*, *Cocconeis scutellum*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Melosira moniliformis*. Максимальное их количество обнаружено на контакте с галечниками. Свидетельства о прохождении сильных штормов 6250–6080 л.н. получены для открытого побережья о. Русский [39].

Комплекс 2 (инт. 2.25–2.55 м, 6020–5710 л.н.) выделен из алевропелитов с прослоями песков. В равных долях представлены донные формы (до 59.8 %) и виды обрастаний

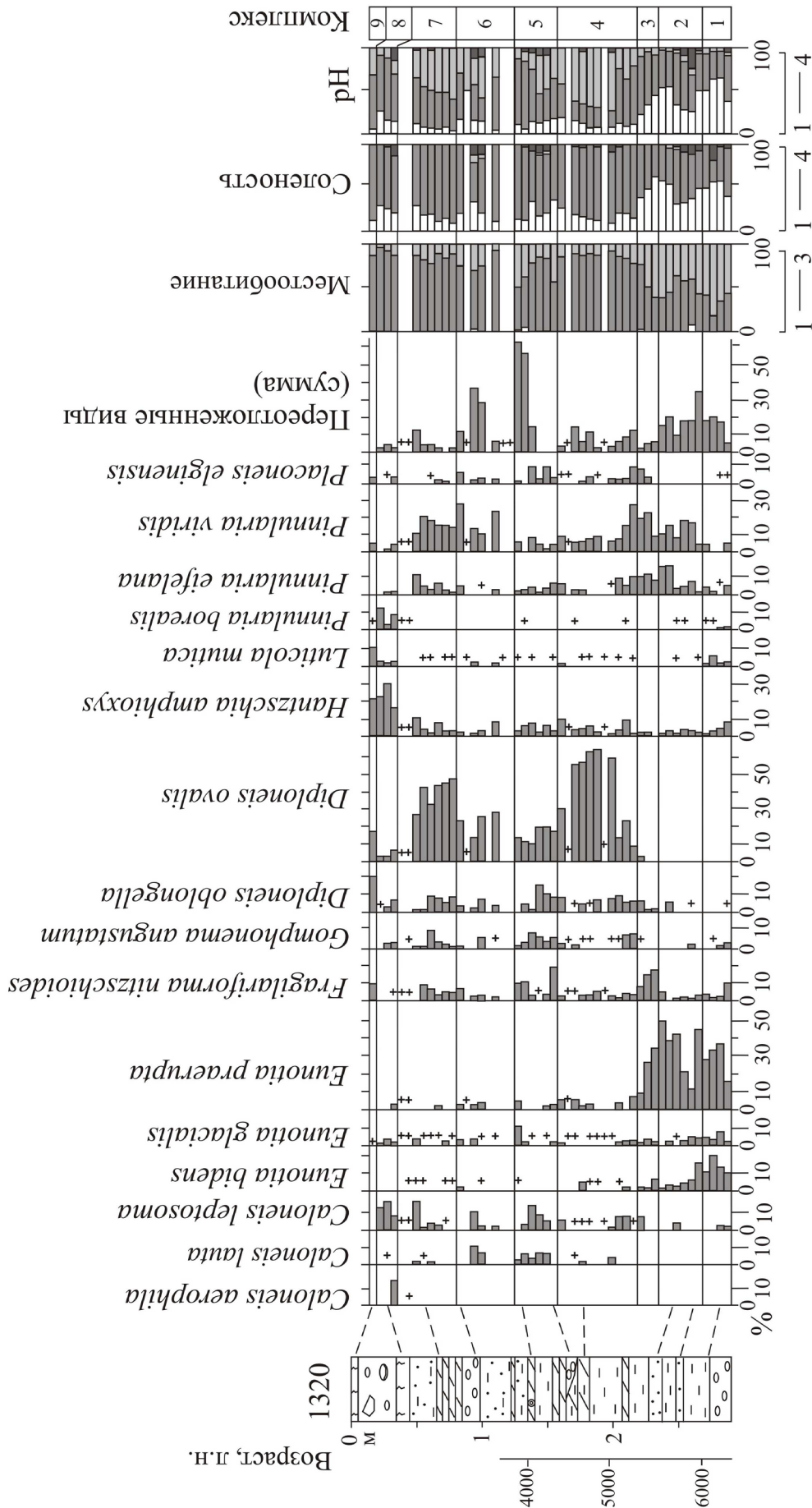


Рис. 3. Распределение диатомей в разрезе (1320) отложений палеозера, п-ов Песчаный, южное Приморье. Местобитание: 1 – планктон, 2 – донные, 3 – обрастания. Соленость: 1 – галофобы, 2 – индифференты, 3 – галофилы, 4 – нет данных. рН: 1 – ацидофилы, 2 – циркумнейтральные, 3 – алкалофилы, 4 – нет данных.

Fig. 3. Distribution of diatoms in paleolake sediments section (1320), the Peschanу Peninsula, South Primorye. Habitat: 1 – planktonic, 2 – benthic, 3 – epiphytes. Salinity: 1 – halophobes, 2 – indifferent, 3 – circumneutral, 4 – no data. pH: 1 – acidophiles, 2 – circumneutral, 3 – alkaliphiles, 4 – no data.

(до 53.5 %). Доминируют *Eunotia praerupta* и донные циркумнейтральные *Pinnularia viridis*, *P. subbrucestris*, *P. eifelana*, предпочитающие мелководные олиготрофные водоемы. Содержание почвенных видов снижается до 3.1 %. Влияние водотоков фиксируется по присутствию обрастателей *Odontidium anceps*, *Rhopalodia gibberula*, *Meridion constrictum*, *Staurosira venter*. Наибольшее число переотложенных видов (34 %) встречено под слоем песка в алевропелитах, образованных 6020–5920 л.н. Выше (инт. 2.35–2.45 м, 5920–5710 л.н.) появляется *Epithemia operculata* (до 6 %), обычный для проточных вод с повышенным содержанием электролитов. Этот экологически пластичный вид найден в числе доминирующих в горячих источниках Камчатки [49] и встречен в обилии на северных склонах Тяньшаньского и Алтайского горных районов Китая на высоте 900–1540 м [50]. В изученном разрезе, скорее всего, фиксируется кратковременное похолодание 5920–5820 л.н. На побережье бухты Бойсмана небольшое похолодание имеет близкие возрастные рамки – 6050–5800 л.н. [4]. Значительные колебания в содержании галофобов (28.4–51.5 %) и ацидофилов (23.9–45.5 %) свидетельствуют о неустойчивом геохимическом режиме. Концентрация диатомей несколько снизилась (≤ 23 тыс./г).

В целом, состав диатомей комплекса 2 указывает на повышение водности умеренно заболоченного водоема, которое было вызвано подъемом уровня грунтовых вод в условиях малоамплитудной трансгрессии [1, 18]. Находки морских диатомей (*Cosmioneis pusilla*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* и фрагмент океанического *Coscinodiscus* sp.) свидетельствуют, что прослой песков были образованы во время экстремальных штормов около 5920 и 5710 л.н.

В перекрывающих алевропелитах (комплекс 3, инт. 2.10–2.25 м, 5710–5410 л.н.) участие арктобореальных диатомей достигает 17.6 %, в состав доминирующих входит в том числе *Fragilariforma nitzschoides*. Содержание переотложенных диатомей снижается до 2.2 %, а концентрация диатомей повышается до 54 тыс./г. Доля галофобов и ацидофилов постепенно уменьшается (до 39.8 и 22.6 % соответственно). Комплекс указывает на су-

ществование мелководного олиготрофно-дистрофного водоема, климатические условия стали более прохладными. Створки *Cosmioneis pusilla* занесены в озеро во время сильных штормов 5610–5410 л.н.

В оторфованной глине с оливковым оттенком (комплекс 4, инт. 2.1–1.63 м, 5410–4250 л.н.) преобладают донные виды диатомей (до 90.1 %). Доминирует алкалофил индифферент *Diploneis ovalis*, населяющий олиготрофно-мезотрофные водоемы разного типа (озера, реки, эстуарии) [44], а также обычный для влажных субаэральных мест [44]. В заметном количестве присутствуют *Placoneis elginensis*, предпочитающий мезотрофно-эвтрофные воды, и аэрофильный *Caloneis leptosoma*, распространенный в умеренных и теплых областях в родниках, в моховых подушках и на мокрых скалах [51]. Доля ацидофилов снижается до 6.3 %, а галофобов до 13 %. Содержание арктобореальных видов не превышает 7 %. Концентрация диатомей составляет 45–75 тыс./г, максимальное число створок (126 тыс./г) зафиксировано в инт. 1.93–1.97 м (5100–5000 л.н.). Содержание переотложенных диатомей меняется от 2 до 14.4 %, что говорит о пульсирующем поступлении обломочного материала. Прослой алевролита с волнистым залеганием (инт. 1.90–1.93 м) с минимальной концентрацией створок (9 тыс./г) включает всего 8 видов. По-видимому, этот прослой образован за счет поступления в озеро обломочного материала во время сильного тайфуна ~5000–4920 л.н.

В целом, комплекс указывает на уменьшение глубины олиготрофно-мезотрофного озера, начавшееся в условиях регрессии и снижения годового количества атмосферных осадков [1]. Обмеление и закрытие лагуны на о. Русский произошло 5090–4840 л.н. [18, 39]. Это не исключает прохождение отдельных сильных тайфунов и штормов, о чем свидетельствует находка морского бентосного *Tryblionella plana* (4920–4800 л.н.). Признаки экстремальных штормов или цунами найдены на о. Русский 5000–4920 л.н. [18, 39].

Выше линзы гальки в оторфованной глине и алевролитах (комплекс 5, инт. 1.35–1.63 м, 4250–3750 л.н.) концентрация диатомей возрастает до 2172 тыс./г. Наблюдается увеличение

богатства и содержания видов родов *Pinnularia* и *Eunotia*, характерных для болот, включая арктобореальные *E. parallela* var. *angusta*, *E. groenlandica*. Содержание арктобореальных, в том числе *Fragilariforma nitzschoides* и *Caloneis lauta*, особенно высоко в нижней части (до 19.4 %), что фиксирует кратковременное похолодание ~4250–4130 л.н. Содержание ацидофилов повышается до 18.3 %. Доля переотложенных створок здесь снижается до 0.2 %. Выше по разрезу (инт. 1.35–1.53 м) в заметном количестве найдены створки *Caloneis leptosoma* и *Hantzschia amphioxys*. Содержание переотложенных видов диатомей сильно возрастает (более 60 %) и концентрация их снижается (139–283 тыс./г) за счет терригенного разбавления при активном плоскостном смыве 4020–3750 л.н.

В целом, комплекс указывает на развитие болотных процессов по периметру озера и появление осушек. Почти в каждой пробе встречены солоноватоводные *Cosmioneis pusilla*, *Stenophora pulchella*, *Bacillaria paxillifera* и морской *Tryblionella plana*, что указывает на активные шторма в условиях подъема уровня моря [1].

Из слоя песков (инт. 0.98–1.35 м) выделен комплекс 6. Отложения характеризуются сильной изменчивостью по содержанию диатомей. В малонасыщенных пробах (0.2–7.0 тыс./г) многие экземпляры принадлежат вымершим видам. В остальной части концентрация створок меняется от 22 до 167 тыс./г, преобладают донные виды (до 87.9 %). Доля арктобореальных видов менее 8 %. Содержание переотложенных видов достигает 36 %. Отложения формировались в условиях активного плоскостного смыва при прохождении частых ливней в первой половине позднего голоцена. Встречены солоноватоводные бентосные, перенесенные во время сильных штормов: в линзе оторфованного песка – *Diploneis pseudovalis*, в верхней части под галечником – *Cosmioneis pusilla*, *Rhopalodia musculus*.

Из заполнителя галечников и перекрывающей оторфованной глины (комплекс 7, инт. 0.50–0.98 м) на фоне доминирования *Diploneis ovalis* и *Pinnularia viridis* более широко представлены виды рода *Pinnularia*, ха-

актерные для олиготрофно-дистрофных вод (*Pinnularia subgibba*, *P. episcopalis*, *P. rupestris* и др., появляются *P. microstauron*, *P. nodosa*). Содержание арктобореальных видов (*Fragilariforma nitzschoides*, *Caloneis lauta*) варьирует от 3.6 до 9.8 %. Доля переотложенных видов не превышает 4 %. В верхней части возрастает участие аэрофильного *Caloneis leptosoma*. Более широко представлены виды рода *Eunotia*, доля ацидофилов повышается до 11.7 %, а переотложенных видов – до 11.9 %. Найден солоноватоводный *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*. Изменения в составе диатомовой флоры указывают на постепенное сокращение площади водоема, развитие болотных процессов по периметру.

Для погребенной почвы (инт. 0.35–0.50 м), перекрывающей озерные отложения, выделен комплекс 8 с высоким содержанием почвенных видов диатомей (38–51.1 %). Доминируют *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis* и *Caloneis leptosoma*. Существенно возрастает содержание космополита *Caloneis tenuis* (до 8.1 %), широко распространенного в стоячих и проточных водах в скандинавско-альпийском регионе [51]. В кровле появляется *Pinnularia rabenhorstii*, который рассматривается как североальпийский вид [46]. Доля ацидофилов достигает 26.5 %. Переотложенных диатомей менее 4 %. Предполагается, что заключительная стадия развития озера и образование почвы проходили в период похолодания 2800–2600 л.н., сопровождавшегося снижением увлажнения [22].

В поверхностной почве в состав доминирующих видов диатомей (комплекс 9) стал входить *Luticola mutica*, предпочитающий мезотрофно-эвтрофные условия. Увеличение содержания *Diploneis ovalis*, *D. oblongella* и арктобореального *Fragilariforma nitzschoides* указывает на обводнение и холодные условия. Доля ацидофилов снижается до 5.1 %. Концентрация диатомей увеличивается до 261 тыс./г. Скорее всего, почва образовалась в малый ледниковый период. В почвах встречены морские диатомей: бентосный *Rhabdonema arcuatum* и планктонный *Paralia sulcata*, а также *Cosmioneis pusilla*, фиксирующие прохождение сильных штормов.

Развитие растительности. Палиноспектры из разреза озерных отложений содержат большое количество спор в основном папоротников (рис. 4), преобладавших в лесном покрове. Это характерно для некоторых мелководных озер независимо от доминирующих растительных ассоциаций и объясняется избирательным водным переносом спор *Polypodiaceae* и накоплением их в небольших понижениях [52]. Участие хвойных в растительности палеоострова и прилегающей материковой суши в среднем–позднем голоцене было намного больше, чем на других островах зал. Петра Великого [6, 13, 15, 18] и в горном обрамлении бухты Бойсмана в среднем голоцене [3, 4]. Соотношение пыльцы древесных растений и трав (табл. 2) позволяет выделить 10 этапов развития растительности.

Около 6320–6020 л.н. (*палинозона 1*, инт. 2.55–2.85 м) в низкогорье были развиты кедрово-широколиственные леса богатого видового состава с участием дуба, липы, граба, ореха, ильма, берез, в подлеске – лещины. Доля пыльцы кедра корейского (*Pinus s/g Haploxylon*) резко увеличивается в конце этого периода, по-видимому в более влажных условиях. С 6100 л.н. возросло участие кедра корейского и в сопредельных районах Китая (оз. Цинбоху, Lake Jingbo) [23]. Высокое содержание пыльцы *Abies* (до 24.9 %) свидетельствует об участии пихты цельнолистной в растительности палеоострова на склонах, открытых летним ветрам с акватории. Пыльца ели, скорее всего, заносилась с верхнего пояса Восточно-Маньчжурских гор. Вокруг озера были небольшие заросли ольхи, на переувлажненных участках – осоковые, лютиковые, сфагновые мхи, на барьерной форме – разнотравные группировки с участием полыни и других сложноцветных, зонтичных, гвоздичных, гречиховых растений. Пыльца *Ephedra* занесена со скал, где росла и сосна густоцветковая (*Pinus s/g Diploxylon*), ультранеморальный ценоэлемент флоры юга Приморья.

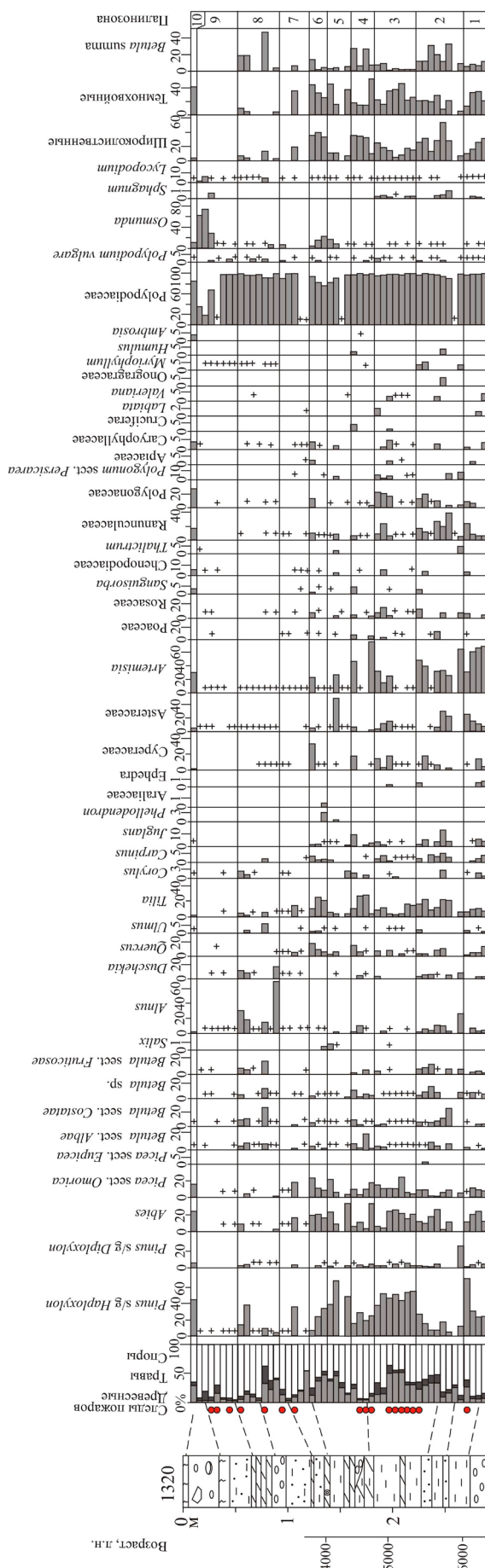


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма (для разреза 1320) отложений палеозера, п-ов Песчаный, южное Приморье. + – единичные зерна. Красными кружками показано присутствие микроуглей и обгоревших клеток растений.
Fig. 4. Pollen diagram for paleolake sediments (section 1320), the Peshchany Peninsula, South Primorye. + – single grains. Red dots show microcoals and buried plant cells.

Таблица 2. Описание палинозон из отложений палеозера (разрез 1320), п-ов Песчаный
Table 2. Description of pollen zones from paleolake deposits (section 1320), Peschany Peninsula

Палинозона (интервал, м)	Описание
10 (0–0.05)	Среди древесных пород встречено много пыльцы хвойных (<i>Pinus s/g Haploxyton, Abies, Picea</i>). В группе трав высоко содержание пыльцы растений влажных местообитаний (<i>Ranunculaceae, Polygonaceae, Sanguisorba</i>), резко увеличилась доля пыльцы <i>Ambrosia</i> .
9 (0.35–0.70)	Пыльцы древесных и трав мало. В верхней части резко увеличивается доля спор <i>Osmunda</i> .
8 (0.70–1.10)	В группе древесных возросла доля пыльцы <i>Alnus</i> и берез, в том числе <i>Betula sect. Fruticosae</i> , в верхней части – пыльцы <i>Pinus s/g Haploxyton</i> .
7 (1.10–1.35)	Очень мало пыльцы, насыщенный спектр получен из одной пробы. Здесь снижается доля широколиственных.
6 (1.35–1.53)	Повысилась доля пыльцы широколиственных, в том числе <i>Tilia, Carpinus, Juglans, Phellodendron</i> , появилась <i>Araliaceae</i> . Вверх по разрезу снижается содержание пыльцы <i>Pinus s/g Haploxyton</i> и растет количество пыльцы берез. В верхней части много пыльцы <i>Scrophulariaceae</i> . Отмечено большое количество спор <i>Osmunda</i> (до 22.6 %).
5 (1.53–1.67)	Увеличилось содержание пыльцы древесных, среди которых стало больше <i>Pinus s/g Haploxyton</i> и темнохвойных (до 45 %): в нижней части отмечен пик пыльцы <i>Abies</i> , в верхней – увеличивается доля пыльцы <i>Picea</i> . Пыльцы трав мало, преобладает <i>Asteraceae</i> , в том числе <i>Artemisia</i> . В верхней части стало больше спор <i>Osmunda</i> .
4 (1.67–1.85)	Стало меньше пыльцы древесных пород и трав, резко возросло количество спор. В группе древесных увеличилось содержание пыльцы широколиственных, особенно <i>Tilia</i> , и древесных берез (<i>Betula sect. Albae, B. sect. Costatae, Betula sp.</i> – до 27 %), снизилась доля <i>Pinus s/g Haploxyton</i> , в нижней части встречено много пыльцы темнохвойных. В группе трав доминирует пыльца <i>Artemisia</i> . Появилась пыльца <i>Ambrosia</i> . Исчезли споры <i>Sphagnum</i> .
3 (1.85–2.15)	Увеличилось содержание пыльцы темнохвойных пород (до 46 %) и <i>Pinus s/g Haploxyton</i> , резко снизилось количество пыльцы <i>Tilia</i> и других широколиственных. В нижней части стало меньше пыльцы трав и спор, в верхней среди пыльцы трав преобладают <i>Artemisia, Ranunculaceae, Polygonaceae</i> .
2 (2.15–2.55)	Резко снижается доля пыльцы <i>Pinus s/g Haploxyton</i> , увеличивается содержание пыльцы широколиственных (до 53.4 %), особенно <i>Tilia, Carpinus, Juglans</i> , и берез, в том числе кустарниковой <i>Betula sect. Fruticosae</i> . В нижней части наблюдается пик содержания пыльцы <i>Pinus s/g Diploxyton</i> . В верхней найдена пыльца <i>Ephedra</i> . В группе трав увеличилось количество пыльцы <i>Ranunculaceae, Polygonaceae</i> , появилась пыльца <i>Onagraceae, Humulus</i> . Возросло содержание спор <i>Sphagnum</i> .
1 (2.55–2.85)	В группе древесных встречено много пыльцы широколиственных (<i>Quercus, Tilia, Carpinus, Juglans, Ulmus</i> – в сумме до 31 %), количество которой сокращается в верхней части, где резко возрастает доля пыльцы кедра корейского (<i>Pinus s/g Haploxyton</i> – до 70.8 %). Из темнохвойных пород преобладает пыльца <i>Abies</i> . Мелколиственные представлены небольшим количеством пыльцы <i>Betula, Alnus, Duschekia</i> . В нижней части встречена пыльца <i>Ephedra</i> . Среди травянистых преобладает пыльца <i>Artemisia</i> и разнотравья. В обилии представлены споры <i>Polypodiaceae</i> , отмечены споры сфагновых мхов и плаунов.

Около 6020–5510 л.н. (палинозона 2, инт. 2.15–2.55 м) в лесной растительности на палеоострове произошли существенные изменения – стало меньше кедра корейского, больше берез, широколиственных (до 53.4 %), особенно с 5820 л.н., было много липы, увеличилось участие граба, ореха. Такие изменения связаны с повышением среднегодовой температуры и увеличением эффективного испарения, особенно на склонах. На скалах получила большее распространение сосна густоцветковая. На сухих местообитаниях рос хвойник

(*Ephedra*). Палеоландшафтные изменения на Шуфанском плато указывают, что в это время (6010–5540 л.н.) начались длительные сухие сезоны [19]. На побережье бухты Бойсмана теплая фаза выделяется 5800–5500 л.н. [4]. Палеозеро на п-ове Песчаный в условиях трансгрессии было обводнено – в составе травянистых группировок стало больше растений, предпочитающих влажные местообитания, – лютиковых, гречиховых, во влажных лесах по берегам было много хмеля. Снизилось содержание пыльцы полыни. Из водных расте-

ний в озере появилась уруть. На палеоострове проходили пожары, на что указывают находки микроуглей, обугленных растений и появление пыльцы кипрея. Существовали контрастные по тепло- и влагообеспеченности экотопы. На осушенных заболоченных участках около озера в конце периода (5710–5510 л.н.) обильно стала расти береза овалнолистная (*Betula sect. Fruticosae*), ее развитию способствовали и частые пожары [53].

Роль кедра в кедрово-широколиственных лесах увеличилась 5510–4800 л.н. (*палинозона 3*, инт. 1.85–2.15 м). В палиноспектрах возросло содержание пыльцы темнохвойных пород, что наряду с сокращением доли широколиственных (до 4.1 %) свидетельствует о более прохладных условиях 5190–5100 л.н. На юге Приморья похолодание не так ярко проявлялось, как в других прибрежных районах и на Сихотэ-Алине [1]. Увлажненность в начале выделенного периода (5500–5300 л.н.) была высокая [4]. На пике похолодания стало существенно суше [1], что не исключало отдельных экстремальных событий. В прошлое алеврита, образованного во время сильного тайфуна, резко повышается доля спор (до 76 %), смытых со склонов. Находки обугленных растений говорят о прохождении пожаров на близлежащей территории ~5410–5000 л.н. Частые пожары 5500–4920 л.н. зафиксированы и на о. Русский [18].

Увеличение доли пыльцы широколиственных (до 35.4 %) и снижение доли пыльцы кедра корейского (*палинозона 4*, инт. 1.67–1.85 м) отвечает переходу (4800–4700 л.н.) от относительно прохладных условий с развитием чернопихтарно-широколиственных лесов к оптимуму позднего голоцена (4700–4350 л.н.), когда на палеоострове стали преобладать полидоминантные леса с участием кедра корейского и пихты, где одной из главных древесных пород была липа. Из болотной растительности по обрамлению озера исчезли сфагновые мхи. На менее влажные условия указывает рост содержания пыльцы полыни, произрастающей, скорее всего, на аккумулятивной форме. Единично найдена пыльца амброзии, признак нарушенных местообитаний [54]. Увеличение пыльцы берез, в том числе *Betula sect. Albae* (до 19 %), возможно, свидетельствует о нача-

ле трансформации островной геосистемы и развитии вторичных березовых лесов. В это время (4700–4500 л.н.) из крупных речных долин к побережью зал. Петра Великого начали расселяться первые земледельцы Приморья – представители зайсановской археологической культуры [55, 56].

Роль хвойных в составе кедрово-широколиственных лесов палеоострова увеличивалась 4350–4020 л.н. (*палинозона 5*, инт. 1.53–1.67 м), в том числе резко возросло участие пихты (4350–4250 л.н.). В конце периода расширились площади ельников в горах (4130–4020 л.н.). Скорее всего, стало прохладнее. Появилась пыльца бархата амурского. Среди луговой растительности стало много сложноцветных. В лесном покрове и на заболоченных участках стал распространяться чистоустник (*Osmunda*).

В кровле озерных глин выросла (до 39.6 %) доля пыльцы широколиственных и уменьшилось содержание пыльцы кедра корейского. В более теплых условиях 4020–3720 л.н. (*палинозона 6*, инт. 1.35–1.53 м) повышалась роль липы, граба, ореха и бархата. В конце периода стал больше распространен дуб, а среди трав – растения влажных местообитаний. Появление пыльцы аралии говорит о наличии осветленных участков.

В слое песков (*палинозона 7*, инт. 1.10–1.35 м) пыльцы мало, преобладают споры, что отвечает активному плоскостному смыву. Единственный полный спектр, полученный из линзы оторфованной глины с переотложенной органикой, не может корректно характеризовать ландшафтные условия. Роль широколиственных пород снижается.

В палиноспектрах из кровли песков и оторфованной глины (*палинозона 8*, инт. 0.70–1.10 м) резко возрастает содержание пыльцы ольхи, которая росла по берегам заболоченного озера. Возможно, здесь росла и береза овалнолистная. В кедрово-широколиственных лесах увеличивалось участие берез (в сумме до 47 %). Доля пыльцы широколиственных деревьев стала существенно ниже (<13 %), что отвечает похолоданию [1]. В препаратах часто встречаются обугленные остатки растений. Возможно, пожары были антропогенные и происходили на террасе, не затрагивая залесенных

склонов. В это время на полуострове жили представители янковской культуры [35].

В кровле оторфованной глины, перекрывающем песке и погребенной почве (*палинозона 9*, инт. 0.35–0.70 м) преобладают споры папоротников, среди которых много *Osmunda*. Вероятно, чистоеустник рос на сырых местах и в зарослях ольхи на перешейке. В группе древесных много пыльцы ольхи, среди трав – полыни. Наличие пыльцы урути говорит о том, что небольшой водоем еще существовал.

Палиноспектры из поверхностной почвы отражают ландшафты малого ледникового периода (*палинозона 10*). В лесной растительности были в обилии представлены хвойные с незначительным участием берез и широколиственных. В.К. Арсеньев отмечал, что в 1921 г. на полуострове с северной стороны росло несколько елей и пихт [36], но по опросу корейцев, живших здесь более 50 лет к этому моменту, все западное обрамление Амурского залива было покрыто лесом с кедром и, вероятно, другими хвойными. Существенное увеличение участия хвойных пород в малый ледниковый период было отмечено для Шуфанского плато [19] и на п-ове Муравьева-Амурского [8]. Причиной исчезновения коренной растительности были частые пожары. Обращает внимание высокое содержание пыльцы амброзии (3.8 %), что отражает ее распространение в последние десятилетия [54].

Эволюция обстановок осадконакопления и палеоландшафтная запись в разрезе позднеголоценового озера

Строение разреза и хронология. Разрез 820, отобранный в краевой части болота на перешейке, вскрыл в основании зеленовато-серые алевропелитовые илы, выше выходит оторфованная глина и торф, хорошо разложившийся, плотный в основании, переходящий в умеренно разложившийся, сильно обводненный в верхней части, и очес. Согласно возрастной модели, запись развития растительности из этого разреза дополняет данные, полученные на основе изучения отложений палеоозера на аккумулятивном выступе. Возраст оторфованной глины оценивается около 3610 л.н. Торфонакопление по обрамлению озера началось около 2350 л.н. На границе плотного и обводненного торфа найдена линза тефры, представленной светло-серым алевритом с высококалийным (K_2O 5.6–6.06 %) вулканическим стеклом, состав которого (рис. 5) идентичен маркирующему пеплу В-Тм кальдерообразующего извержения влк. Байтоушань (946/947 гг. н.э.) [57]. Этот вулканический пепел широко распространен на юге Приморья и маркирует средневековый климатический оптимум [58, 59]. Рассеянное вулканическое стекло в небольшом количестве встречается и в верхней части разреза. По-видимому, оно было образовано в исторические извержения влк. Байтоушань (1668, 1702, 1903 гг.) [57, 60].

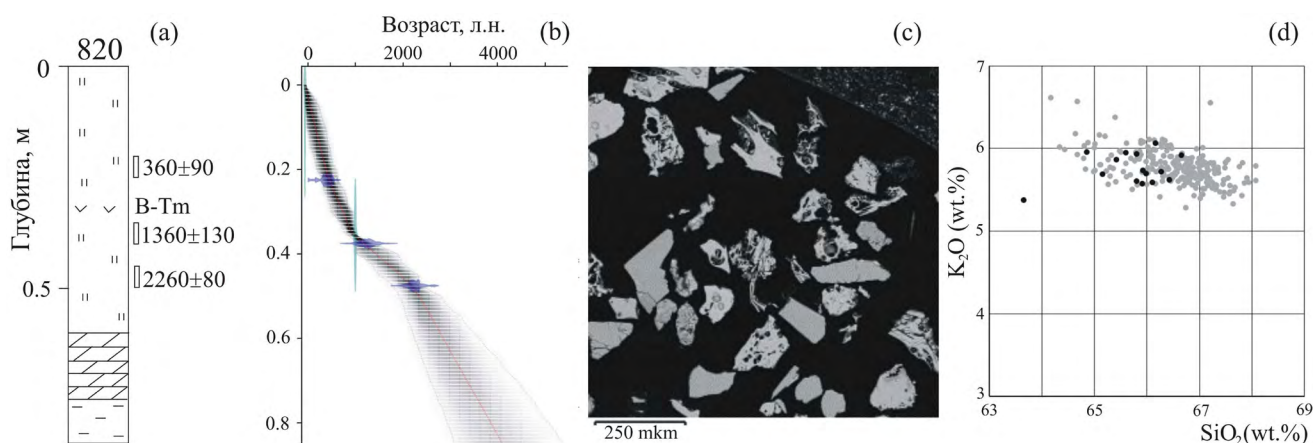


Рис. 5. (а) Разрез (820) озерно-болотных отложений на перешейке, п-ов Песчаный, южное Приморье. (б) Возрастная модель. Вулканическое стекло тефры В-Тм: (с) морфология; (д) соотношение SiO_2 и K_2O в вулканическом стекле, найденном на п-ове Песчаный (черные кружки) и разрезах голоценовых отложений из других районов Приморья (серые кружки) [59].

Fig. 5. (a) Section (820) of lake-bog sediments, the Peschany Peninsula, South Primorye. (b) Age-depth model. Volcanic glass of B-Tm tephra: (c) morphology; (d) SiO_2 versus K_2O plot for volcanic glass, found on the Peschany Peninsula (black circles) and from other areas of Primorye area (grey circles) [59].

Этапы развития озера. Озеро-лагуна образовалось на перешейке в трансгрессивную фазу в начале позднего голоцена, подъем уровня моря был близок к максимальным отметкам среднего голоцена [1]. Интенсивные аккумулятивные процессы, вероятно, начались при стабилизации уровня моря и его снижении. Более активная аккумуляция шла в северной части перешейка со стороны бухты Песчаная, в которую впадает р. Амба и где происходит переработка материала, поставляемого с участка крупных оползней (рис. 1). Здесь хорошо выражен наиболее высокий штормовой вал, окаймляющий акваторию палеоозера, большая часть которого в настоящее время заросла и превратилась в сильно обводненное болото. Первоначальный размер озера достигал 1.580×1.170 км. К этому валу примыкает серия штормовых валов (ширина полосы 0.5 км). В северо-восточной части перешейка, вероятно, был еще один небольшой водоем.

Этапы развития озера установлены на основании изучения диатомовых водорослей. В отложениях разреза определено 138 таксонов пресноводных и 22 морских и солоноватоводных диатомей. Среди пресноводных диатомей по местообитанию преобладают донные виды (88), обрастателей – 41, а планктонных и временно планктонных 6 видов. Отношение к солености известно для 110 видов, все они олигогалобы, доминируют виды-индифференты (75), галофобов – 33, галофилов – 2. По отношению к рН среды преобладают циркумнейтральные виды (58), ацидофилов – 40 и алкалифилов – 21. По географическому распространению доминируют космополиты, встречено 3 вида арктобореальных. Среди морских и солоноватоводных диатомей преобладают бентосные виды (20), планктонных – 2. Изменение в составе диатомей позволило выделить в разрезе 5 комплексов, отражающих эволюцию водоема (рис. 6).

В подошве алевропелитов диатомей мало, концентрация створок составляет 0.07 млн/г, наиболее часто встречается морской планктонный *Paralia sulcata*, а из пресноводных – виды рода *Eunotia*, характерные для заболоченных территорий. Выше в алевропелитовых илах и оторфованной глине (комплекс 1, инт. 0.60–0.80 м, ~3860–2860 л.н.) концентрация

диатомей повышается до 2 млн/г. В инт. 0.75–0.80 м и 0.65–0.70 м преобладают морские и солоноватоводные диатомей (94.1 и 63.7 % соответственно). Доминируют морской планктонный *Paralia sulcata*, солоноватоводные бентосные *Cocconeis scutellum*, *Rhopalodia acuminata*. Ближе к кровле слоя существенно возрастает роль обитателя сильно распресненных вод *Cosmioneis pusilla* [51, 61], а из пресноводных – *Diploneis oblongella*, населяющего аэробные места или хорошо аэрированные воды со средним уровнем электролитов [50]. В инт. 0.70–0.75 м (3610–3360 л.н.) и 0.60–0.65 м (3100–2860 л.н.) преобладают пресноводные виды (68.9 и 79.5 % соответственно). Возрастает численность видов, предпочитающих мелководные олиготрофные и олиготрофно-дистрофные водоемы: донные *Pinnularia viridis*, *P. subrupestris*, встречен аэрофил *P. lagerstedtii*, часто населяющий влажные мхи. Здесь же найдены почвенные виды (11–22 %): *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *Humidophila contenta*, *Pinnularia borealis*. Состав диатомей свидетельствует о существовании распресненной мелководной лагуны, связь которой с морем периодически прерывалась. В сухие сезоны по обрамлению водоема были осушки и развивались почвенные процессы. Обилие и состав морских и солоноватоводных видов и резкие смены в их содержании определялись активностью и силой штормовых нагонов. Берег моря был близко.

В хорошо разложившемся торфе (комплекс 2, инт. 0.40–0.60 м, 2860–1430 л.н.) доля морских и солоноватоводных диатомей, заносимых в шторма, не превышает 4 %. Среди пресноводных ведущими являются донные виды (до 83.7 %). Доминируют *Pinnularia subrupestris* и почвенные виды (до 56.4 %), причем в подошве слоя выделяется характерный для эвтрофных условий *Luticola mutica*, а ближе к кровле (инт. 0.40–0.50 м, 2350–1430 л.н.) – имеющий широкий трофический статус *Hantzschia amphioxys* [44]. Заметно увеличивается доля гидрофильных диатомей (до 56.2 %), среди которых выделяются *Pinnularia viridis*, холодноводные *Fragilariforma nitzschoides* и *Eunotia glacialis*, присутствуют озерно-реофильные *Meridion circulare* и планктонные *Aulacoseira granulata*, *A. subarctica*. Наряду с сухими

сезонами в отдельные годы были сильные дожди и на близлежащих склонах образовывались временные водотоки. По отношению к солености преобладают индифференты (71.3 %), доля ацидофилов составляет 23.4–25.3 %. Концентрация диатомей не превышает 0.9 млн/г. Состав комплекса свидетельствует о существовании мелководного умеренно заболоченного водоема, часто пересыхающего в краевых частях. Начало этапа совпало с холодным событием позднего голоцена (2800–2600 л.н.) [62]. Снижение увлажнения хорошо выражено в развитии озерно-болотных обстановок горных районов Приморья [22]. В конце данного этапа развития озера отмечено прогрессирующее увеличение обводнения озерной чаши.

В обводненном торфе (комплекс 3, инт. 0.20–0.40 м, 1430–380 л.н.) в составе пресноводных диатомей заметно повышается доля обрастаний (до 34 %). Доля гидрофильных диатомей достигает 74.5 %. Появляются часто населяющие мелководные водоемы и влажные почвы *Navigeia ignota* и *N. paludosa* [51]. Участие *Eunotia glacialis* и *Fragilariforma nitzschioides* увеличивается в начале малого ледникового периода 730 л.н. В это время появляется и арктобореальный *Navicula pseudosilicula* (до 2.6 %). В верхней части разреза обнаружены планктонный *Aulacoseira*

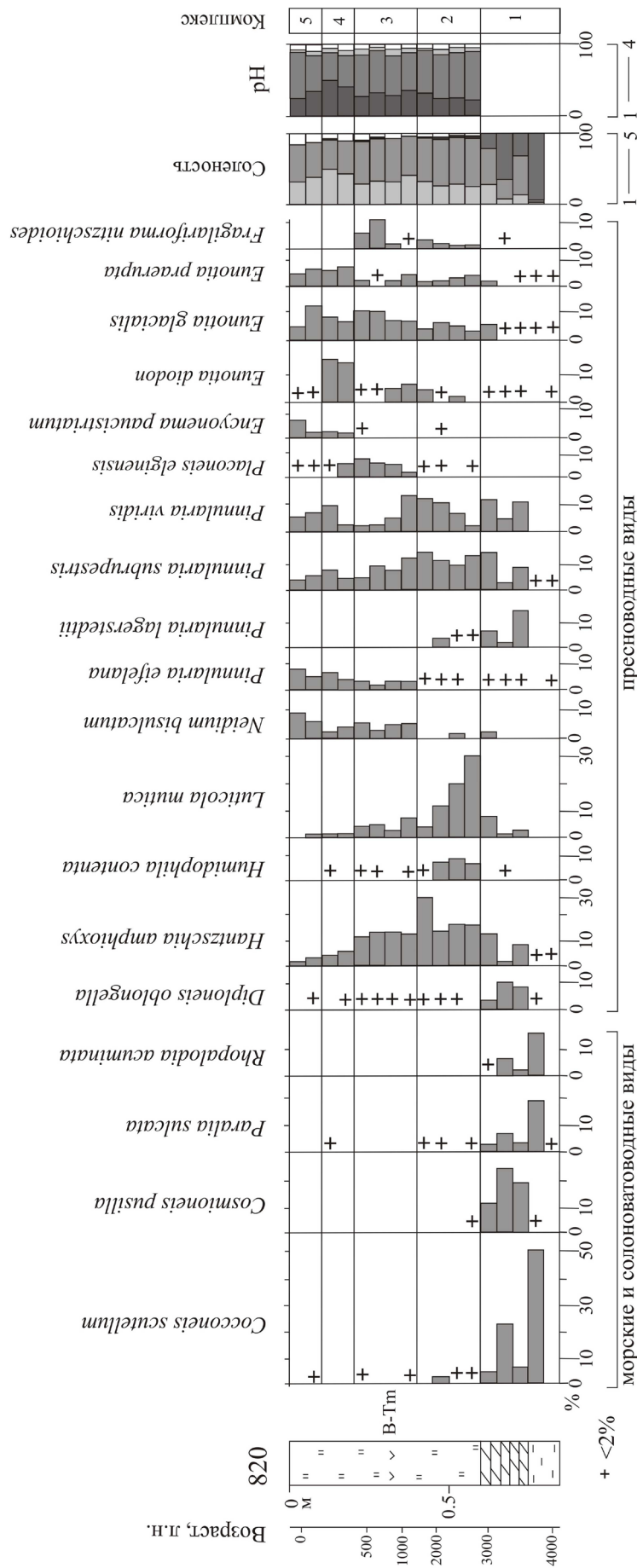


Рис. 6. Распределение диатомей в разрезе (820) отложений озера на перешейке, п-ов Песчаный, южное Приморье. Солености: 1 – галофобы, 2 – индифференты, 3 – галофилы, 4 – мезогалофобы, 5 – нет данных. pH: 1 – ацидофилы и ацидобионты, 2 – циркумнейтральные, 3 – алкалофилы, 4 – нет данных.

Fig. 6. Distribution of diatoms in paleolake sediments (section 820) on the isthmus, the Peschany Peninsula, South Primorye. Salinity: 1 – halophobes, 2 – indifferent, 3 – halophiles, 4 – mesohalobes, 5 – no data. pH: 1 – acidophiles and acidobiontes, 2 – circumneutral, 3 – alkaliphiles, 4 – no data.

subarctica, обрастатели *Achnanthydium minutissimum*, *Staurosirella pinnata*, *Cymbopleura naviculiformis* и др., свидетельствующие о значительном обводнении 530–380 л.н. Содержание почвенных видов снижается до 18 %. Незначительно повышается участие галофобов (до 41.4 %) и ацидофилов (до 35.9 %). Увеличивается и концентрация диатомей – от 1.2 млн/г в подошве до 3.6 млн/г в верхней части. В прошлое тэфры содержание створок снижается до 0.2 млн/г, доля гидрофильных диатомей здесь возрастает до 80.6 % – значит, пепел падал в воду. Обводнение олиготрофно-мезотрофного водоема с заболоченными берегами увеличилось, особенно в малый ледниковый период, что прослеживается и в развитии озерно-болотных обстановок в разных ландшафтных поясах Приморья [19, 22].

В верхней части торфяника (комплекс 4, инт. 0.10–0.20 м, 380 л.н. – до XIX в.) отмечен еще больший рост доли обрастаний (до 44.2 %), содержание гидрофильных диатомей составляет 70.9–72.3 %. Доминирует *Eunotia diodon*, толерантный к низкой степени увлажнения и развивающийся в олиготрофно-дистрофных низинных болотах на моховых подушках в диапазоне pH 4.3–7.8 [44, 47]. Субдоминантами являются гидрофильные *Eunotia glacialis*, *Eunotia praeurupta*, *Pinnularia viridis* и *P. subrupestris*; в подошве слоя найден *Navicula pseudosilicula* (1.6 %) и отмечается увеличение содержания *Sellaphora laevissima* (3.2 %), предпочитающего олиготрофные условия [49]. Участие почвенных видов не превышает 8 %. Стало больше галофобов (до 49.3 %) и ацидофилов (до 49.5 %), что свидетельствует о развитии олиготрофного умеренно обводненного заболоченного водоема. Концентрация диатомей достигает 3.4 млн/г. Климатические условия были холодными, увлажненность несколько снизилась, возросла роль атмосферного питания.

В очесе (комплекс 5, инт. 0–0.10 м, последние 220 лет) доминируют в основном гидрофильные виды диатомей (80–85.6 %). Содержание обрастаний снижается до 22.7 %, а доля почвенных – до 3 %. В подошве преобладает *Eunotia glacialis*. Субдоминантами являются виды рода *Pinnularia* (*P. divergentissima*, *P. eifelana*, *P. microstauron*, *P. subrupestris*, *P. viridis*),

предпочитающие мелководные олиготрофные водоемы с пониженными значениями солености и pH воды. Их содержание возрастает в кровле (до 51.4 %). Снижается содержание галофобов (до 31.3 %) и ацидофилов (до 24 %). Концентрация диатомей увеличивается от 4.6 до 7.5 млн/г. Водоем становится более обводненным, по-видимому за счет прокладки вдоль берега бухты Мелководная дороги с дренажной канавой, заполненной водой. Единичные створки морских и солоноватоводных видов в торфянике переносились сильными ветрами в экстремальные шторма.

Развитие растительности. Палиноспектры из алевропелитов и оторфованной глины (палинозона 1, инт. 0.65–0.85 м, 4110–3100 л.н.) отвечают развитию лесной растительности в гористой части полуострова – кедрово-широколиственных лесов с участием пихты, ели и берез (рис. 7, табл. 3). В основании разреза обнаружено максимальное содержание пыльцы граба (до 3.9 %). Участие хвойных увеличилось ~3860 л.н. Ольха росла по обрамлению лагуны, количество пыльцы сильно меняется, максимальное ее развитие отвечает фазе закрытия лагуны 3610–3350 л.н. Из трав встречается в основном пыльца растений, характерных для влажных местообитаний. Палиноспектры из средней части разреза во многом отражают развитие локальной растительности перешейка (палинозона 2, инт. 0.30–0.65 м, 3100–735 л.н.). Здесь были распространены заросли ольхи, которая стала в обилии расти по заболоченным берегам озера. Резкое снижение доли пыльцы широколиственных свидетельствует о более холодных условиях 3100–1950 л.н. При переходе к малому ледниковому периоду на болоте распространилась береза овальнолиственная, а на ветробойных участках – ольховник. В группе трав повышается роль пыльцы представителей луговых сообществ, развитых на аккумулятивных формах. В начале малого ледникового периода (палинозона 3, инт. 0.20–0.30 м, 735–380 л.н.) в условиях обводнения по обрамлению озера сократилась площадь зарослей ольхи, были развиты травянистые группировки (палинозона 4, инт. 0.10–0.20 м, 380–150 л.н.). Древесная растительность на склонах в условиях частых туманов и сильных

ветров стала разреженной. Распространяется ольховник. Со времени 380 л.н. развиваются дубняки, а при освоении побережья в XIX в. на лесную растительность увеличился антропогенный пресс – в верхней части разреза сокращается содержание пыльцы древесных (палинозона 5, 0–0.10 м, последние 150 лет). В начале XX в. на полуострове рос дровяной лес, состоящий главным образом из дуба монгольского, липы и даурской березы [36]. Лес был практически изведен в районе корейского поселка (сейчас на его месте пос. Береговое), расположенного около перешейка. Одной из причин исчезновения хвойных из состава растительности были частые пожары.

Палеоклиматические события

Изучение отложений палеоозер п-ова Песчаный позволило выделить ряд короткопериодных палеоклиматических событий (рис. 8), которые проявлялись в сопредельных регионах. Эти события представляют не только региональный интерес, но значимы и для понимания сложного взаимодействия факторов, определяющих климат в переходной зоне.

Основание разреза озерных отложений на перешейке фиксирует довольно сухие условия 6320–6020 л.н. Начало этого этапа совпало с похолоданием (6400–6300 л.н.), вызвавшим на побережье бухты Бойсмана обеднение лесов грабом, ильмом, орехом [4]. В это время произошло небольшое снижение уровня моря [1]. Похолодание на Корейском п-ове было выражено около 6400 л.н. [63]. 6400–6000 л.н. здесь были длительные засухи, связанные с ослаблением восточноазиатского летнего муссона [28], что отмечено и в других районах Восточной Азии [64].

В региональном масштабе в Восточной Азии это «сухое» событие еще не имеет четкого объяснения, его сигнал не всегда ясен в записях разных районов, что во многом определяется разным временным разрешением реконструкций [28]. Похолодание сопоставляется с глобальным холодным событием 6400–6200 л.н., сопровождавшимся в Азии аридизацией, летний муссон был экстремально слабым [60]. Следует отметить, что именно в это время снижались поток солнечной радиации [65] и температура поверхности океана (ТПО) в западной части Тихого океана. Эта тенденция была хорошо выражена в районе трога Окинава [66, 67] и проявилась в тропической зоне [68].

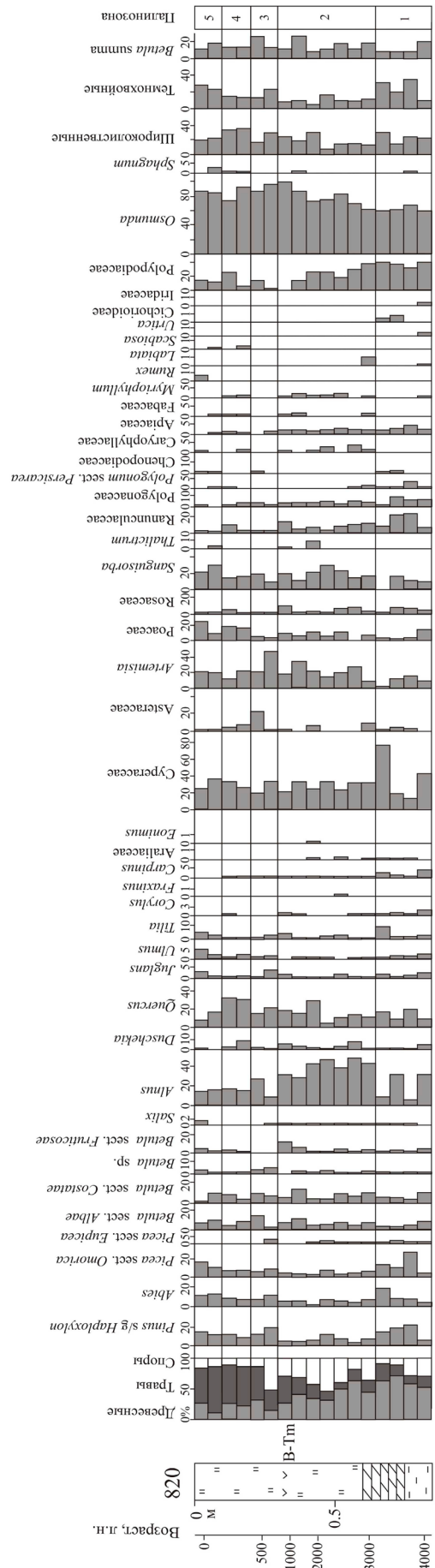


Рис. 7. Спорно-пыльцевая диаграмма для разреза (820) отложений палеоозера на перешейке, п-ов Песчаный, южное Приморье.
 Fig. 7. Pollen diagram for paleolake sediments (section 820) on the isthmus, the Peschany Peninsula, South Primorye.

Таблица 3. Описание палинозон из отложений озера на перешейке (разрез 820), п-ов Песчаный
Table 3. Description of pollen zones from paleolake sediments on the isthmus (section 820), the Peschany Peninsula

Палинозона (интервал, м)	Описание
5 (0–0.10)	Стало больше пыльцы темнохвойных пород (<i>Abies</i> , <i>Picea</i>), среди широколиственных сократилось количество пыльцы <i>Quercus</i> , в кровле возросла доля пыльцы <i>Tilia</i> , <i>Ulmus</i> . Увеличилось содержание пыльцы трав, характерных для влажных местообитаний.
4 (0.10–0.20)	Резко увеличилось содержание пыльцы трав (до 53 %). Стало больше пыльцы широколиственных (<i>Quercus</i> – до 31 %), в группе трав – <i>Poaceae</i> . Регулярно стали встречаться споры <i>Sphagnum</i> .
3 (0.20–0.30)	Увеличилась доля пыльцы трав. В основании снизилось содержание пыльцы древесных, в их составе сократилось участие пыльцы <i>Alnus</i> , стало больше пыльцы хвойных. Среди трав стало больше пыльцы <i>Artemisia</i> .
2 (0.30–0.65)	Снижается доля пыльцы древесных, доминирует пыльца <i>Alnus</i> . В нижней части снижается участие пыльцы широколиственных. В верхней части стало больше пыльцы кустарников (<i>Betula sect. Fruticosae</i> , <i>Duschekia</i>).
1 (0.65–0.85)	Преобладает пыльца древесных с доминированием хвойных (<i>Pinus s/g Haploxyton</i> , <i>Abies</i> , <i>Picea</i>), пыльца широколиственных представлена <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Corylus</i> , <i>Carpinus</i> . Пыльцы берез больше в основании разреза. Доля пыльцы <i>Alnus</i> сильно варьирует (от 6 до 32 %). В группе трав преобладает пыльца растений влажных местообитаний (<i>Cyperaceae</i> , <i>Ranunculaceae</i> , <i>Sanguisorba</i> , <i>Polygonaceae</i>) и разнотравья. Встречены в обилии споры папоротников (<i>Polylodiaceae</i> , <i>Osmunda</i>), единично <i>Sphagnum</i> .

Снижение ТПО вело к ослаблению интенсивности тропического циклогенеза и повторяемости крупных тайфунов, обычно приносящих залповые осадки на юг Дальнего Востока. Ослабевала подача тепла и водяного пара вдоль течения Куроисио и, следовательно, перенос теплого влажного воздуха в умеренные широты. В этот период интенсивность явлений Эль-Ниньо была слабой, небольшая кратковременная активизация отмечена ~6300 л.н. [69, 70]. В конце периода ~6000 л.н. на юге Корейского п-ова отмечены экстремальные наводнения [29]. Этот сигнал увеличения влажности ловится в изученном разрезе палеозера по пику содержания пыльцы кедра корейского.

Кратковременное похолодание 5920–5820 л.н. имело такую же природу – вызвано снижением солнечной активности, но меньшей амплитуды [65]. В палиноспектрах уменьшилось количество пыльцы широколиственных пород. На берегу бухты Бойсмана 6050–5800 л.н. в составе широколиственных лесов существенно сократилось участие граба [4].

Следующее похолодание 5710–5410 л.н., хорошо выраженное на п-ове Песчаный, дало вспышку развития арктобореальных диатомей, а на заболоченных участках способствовало появлению зарослей березы овалнолистной. В это время также наблюдалось снижение

солнечной активности, причем выделяется несколько минимумов, сопоставимых по масштабу с глобальным холодным событием 6400–6200 л.н. [62, 65]. На палеотемпературной кривой для тропической зоны Западной Пацифики отмечен тренд на сильное снижение [68]. Ослабление летнего муссона зафиксировано и на северо-востоке Китая, где в районе оз. Цинбоху становилось холоднее и суше [23]. Такие же результаты получены по Нижнему Приамурью [20]. На берегах юга Приморья и на крайнем юге Японии [71] усилилась штормовая активность.

Начало этапа зарастания палеозера (5410–4250 л.н.) совпало с концом термического оптимума голоцена в изученном регионе. Минимумы содержания пыльцы широколиственных пород зафиксированы около 5145 и 4720 л.н. С 5300 л.н. увлажненность снижалась, что не исключало прохождение редких сильных тайфунов. Запись одного такого события (5000–4920 л.н.) хорошо согласуется с данными по Корейскому п-ову, где около 5000 л.н. фиксируются следы экстремальных наводнений [70]. Похолодание сопровождалось регрессией, наиболее значительной в среднем-позднем голоцене [1]. Нижняя временная граница выделенного периода хорошо сопоставляется с данными по о. Ребун (Северная

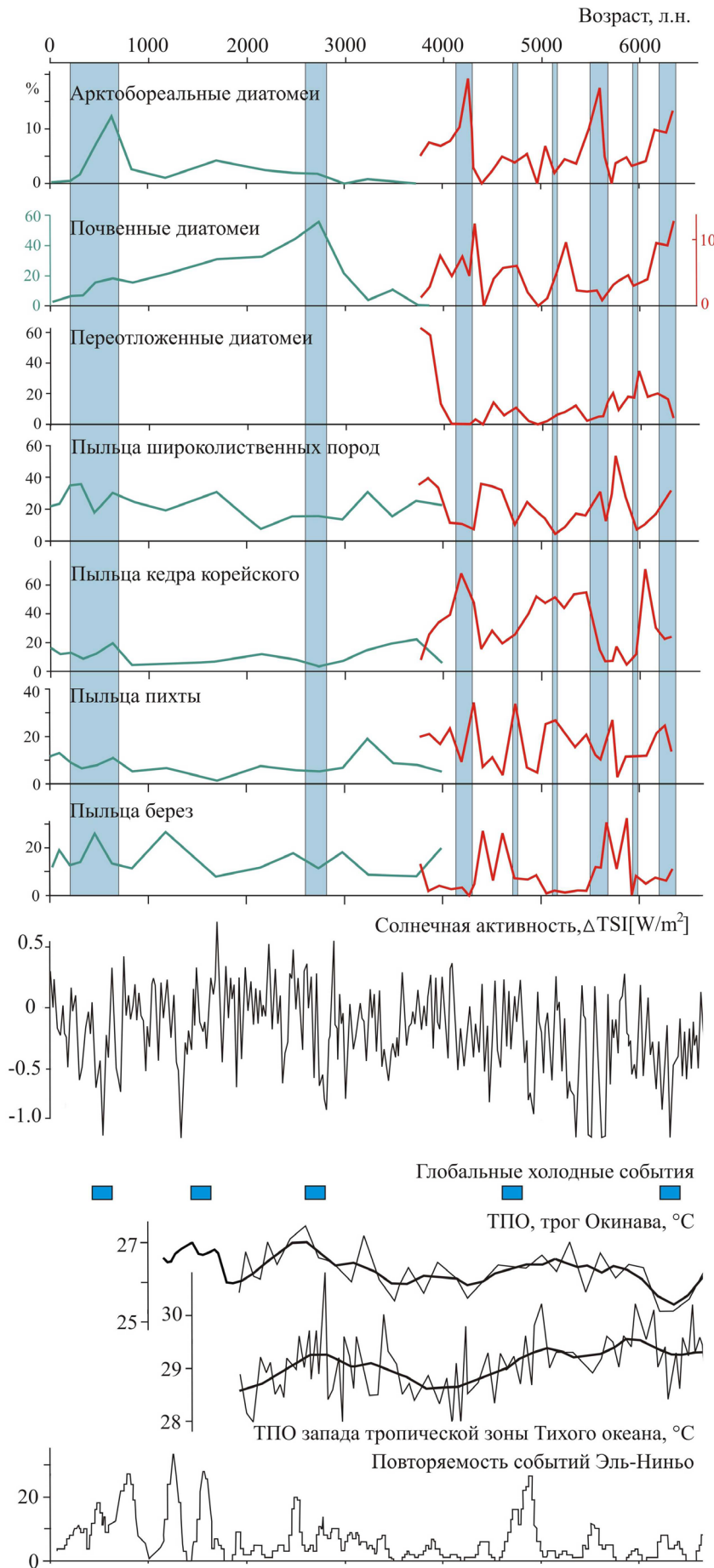


Рис. 8. Сравнение изменений в составе биотических компонентов на побережье п-ова Песчаный с палеоклиматическими данными по другим регионам. Зеленая линия – данные по разрезу 820, красная – по разрезу 1320; голубые поля – холодные события, зафиксированные в изученных разрезах. Изменение солнечной активности по [65]; глобальные холодные события по [62]; температура поверхности океана: трог Окинава по [67], тропическая зона, западная часть Тихого океана по [68]; повторяемость событий Эль-Ниньо по [69].

Fig. 8. Comparison of biotic components changes on the Peschany Peninsula coast with paleoclimatic data for other regions. Green line – data for section 820, red line – for section 1320; blue fields – cold events recorded in the studied sections. Solar activity variation, according to [65]; global cold events, according to [62]; ocean surface temperature: Okinawa Trough according to [67], western tropical Pacific Ocean according to [68]; frequency (per 100 years) of El Niño events according to [69].

Япония) – 5540–5300 л.н. [26, 72]. Этот климатический переход зафиксирован по росту ледников в северном полушарии 5400 л.н. [73]. Снижалась инсоляция [27]. Данные по развитию растительности около оз. Цинбоху показывают, что с 5600 л.н. уменьшалась интенсивность летнего муссона [23]. Пик похолодания – глобальное холодное событие – выделяется 4800–4600 л.н., отрицательные температурные аномалии наблюдались по всему миру [62]. В этот период более интенсивным было Эль-Ниньо [69]. С 4800 л.н. на Корейском п-ове климат стал более прохладным и более сухим [28]. Начался отчетливый тренд на похолодание поверхностных вод в тропической зоне Тихого океана [68]. Уменьшилась интенсивность течения Куроисио [74].

Палеоландшафтные изменения на п-ове Песчаный 4350–4020 л.н. (усиление роли темнохвойных) совпадают с границей среднего–позднего голоцена новой международной стратиграфической шкалы [75], что далеко не всегда прослеживается в региональных шкалах умеренной зоны [76]. На юге Дальнего Востока, в сопредельных районах, короткий сдвиг в сторону более прохладных условий отмечен ~4120 л.н. в палинологических записях из озерных отложений в северо-восточном Китае (оз. Сихайлонгван) [77] и 4130 л.н. на о. Ребун (оз. Кусю) [26]. Ухудшение климата наблюдалось 4200 и 4000 л.н. (юг Корейского п-ова) [27]. Сухие условия связывают не со снижением солнечной активности, а с изменчивостью ТПО в тропиках, где отмечены минимумы в это время [68]. Эль-Ниньо было ослаблено [69]. Расширение ледников в глобальном масштабе 4400–4200 л.н. [73] рассматривается как переход к неогляциалу [62].

В позднем голоцене на побережье юго-западного Приморья похолодание началось ~3390–3190 л.н. [3]. Увлажненность существенно сократилась 3300–3100 л.н., что совпало со снижением интенсивности восточноазиатского муссона [7, 18, 19, 22, 23, 24]. Резкое похолодание и аридизацию в регионе связывают и с усилением активности Эль-Ниньо [28]. 3300 л.н. снизилась интенсивность течения Куроисио [74]. Похолодание было длительным и имело сложную структуру, его пик коррелирует с глобальным холодным событи-

ем 2800–2600 л.н. [62], хорошо проявленным на юге Дальнего Востока [1, 22]. Резко снижалось количество и разнообразие пыльцы широколиственных пород, почти исчезла пыльца граба. На п-ове Песчаный в лесах увеличилось участие берез, а вокруг озер на осушенных участках в обилии стала расти ольха, распространялся ольховник. По близлежащему разрезу озерно-болотных отложений около оз. Утинное выделены два «сухих» эпизода: 2780–2700 и 2610–2510 л.н. [7].

Временное разрешение реконструкций развития озера на перешейке не позволяет детально охарактеризовать короткопериодную ритмику второй половины позднего голоцена. Начало малого ледникового периода хорошо совпадает с данными по палеоозеру Шуфанского плато – 720 л.н. [19]. Как и в других районах Приморья, условия были очень влажными [22], особенно значительное обводнение было 530–380 л.н. Снижение обводнения озера отмечено с ~380 л.н. до XIX в. Подобная картина наблюдалась и в развитии палеоозера на Борисовском плато ~360 л.н. В целом, этот временной интервал близок по возрасту к периодам уменьшения частоты наводнений, вызванных палеотайфунами, на восточном побережье юга Корейского п-ова [78]. Возможно, более сухой эпизод связан с усилением интенсивности событий Эль-Ниньо [69], во время которых на материковой части юга Дальнего Востока наблюдаются засушливые условия [79].

Изучение озерных отложений позволило отметить и ряд короткопериодных потеплений. В конце термического оптимума выделяются теплые фазы: 6020–5920 л.н. – по снижению содержания арктобореальных диатомей, и 5820–5510 л.н., более выраженная и более длительная, на которую отреагировала и лесная растительность. Повышение солнечной радиации [65] и пик ТПО в тропической зоне Тихого океана [68] дают основание предположить значительное меридиональное перемещение теплых влажных воздушных масс и усиление повторяемости тропических циклонов. Поступление обломочного материала в озеро с плоскостным смывом увеличивалось, индикатором чего являются пики содержания переотложенных створок диатомей из подбазальных отложений.

Потепление ~4610–4310 л.н., выделенное по увеличению содержания термофилов и снижению доли арктобореальных диатомей, сопоставляется с положительными пиками солнечной активности [65]. Изменения в ландшафтах соответствуют первому полуритму оптимума – более теплому и менее влажному [1], возможно, за счет увеличения эффективного испарения. Иссущение 4800–3600 л.н., выраженное на Корейском п-ове, связывают с ослаблением летнего муссона и снижением ТПО в районе трога Окинава, особенно 4400–3500 л.н. [28]. В то же время ~3800 л.н. были экстремальные наводнения [29].

Потепление с высоким увлажнением 4020–3750 л.н. отвечает общей тенденции на юге Дальнего Востока, связанной с усилением циклонической активности [80]. Фаза развития палеоозера, когда в водоем поставлялся материал в результате наиболее активного плоскостного смыва, не датирована. Можно предположить, что активизация циклогенеза в этот период была обусловлена активным меридиональным переносом воздушных масс из тропической зоны Тихого океана, где повышалась ТПО. Пик температур фиксируется ~3600–3400 л.н. [68]. Именно с 3600 л.н. более сильное влияние летнего муссона зафиксировано на Корейском п-ове [28]. Увеличивалась повторяемость и интенсивность тайфунов на юге Японии [71] и с 3700 л.н. на юге Корейского п-ова [29]. Для этого возраста установлено увеличение поступления пресноводных диатомей в осадки Амурского залива, что свидетельствует об обильных дождях и увеличении повторяемости сильных тайфунов [81].

Выводы

1. В результате изучения отложений береговых озер п-ова Песчаный установлена сложная короткопериодная климатическая ритмика среднего–позднего голоцена. Озера и окружающая растительность чутко реагировали на гидроклиматические изменения, выделены палеогеографические события вплоть до 100-летнего масштаба, проявившиеся в регионе. Среднеголоценовое палеоозеро образовалось на аккумулятивном выступе с двусторонним питанием при снижении уровня моря,

совпавшем с незначительным похолоданием около 6320 л.н. Озеро существовало до середины позднего голоцена и прошло 8 этапов развития.

2. Активное зарастание водоема совпало с концом оптимума голоцена (~5410 л.н.). В его развитии выделяется несколько периодов обводнения, обусловленных как увеличением количества атмосферных осадков, так и колебаниями уровня моря. Наличие переотложенных створок диатомей из подбазальтовых отложений является индикатором плоскостного смыва, активизировавшегося при прохождении частых сильных тайфунов. Наиболее активным плоскостной смыв был в теплые фазы начала позднего голоцена. Лагунное озеро на перешейке образовалось в начале позднего голоцена, когда палеоостров соединился с материком.

3. Выделено 5 фаз развития водоема на перешейке. Озеро стало пресноводным во время похолодания 2800–2600 л.н. В относительно сухих условиях его размер сильно сокращался; обводнение произошло в малый ледниковый период, а последний подъем уровня имеет антропогенную природу. Присутствие морских диатомей фиксирует прохождение экстремальных штормов, створки поступали как с заплесками, так и с аэрозолями.

4. На территории палеоострова, в позднем голоцене полуострова, происходило развитие кедрово-широколиственных лесов с участием пихты цельнолистной, берез, а также полидоминантных широколиственных лесов. Роль термофилов увеличивалась 5820–5510, 4610–4310, 4800–3600, 4020–3750 л.н., что отвечает теплым событиям с разной степенью увлажнения. Зафиксирован ряд холодных событий, некоторые из них имели глобальное проявление, в том числе похолодание 4350–4020 л.н., близкое по времени к новой границе среднего–позднего голоцена.

5. Сравнение данных по развитию береговых озер п-ова Песчаный и гидроклиматических изменений в других регионах Восточной Азии показывает, что выделенные короткопериодные события тесно связаны с изменением потока солнечной радиации и аномалиями в океане и атмосфере Азиатско-Тихоокеанского региона.

Список литературы

1. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С., Разжигаева Н.Г., Волков В.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. **1997**. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене – голоцене. *Вестник ДВО РАН*, 3: 121–143.
2. Короткий А.М. **2002**. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений Российского Дальнего Востока (низовья р. Амур, Приморье, о. Сахалин, Курильские острова). В кн.: Андерсон П.М., Ложкин А.В. (ред.) *Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных)*. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 257–369.
3. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Раков В.А., Горбаренко С.А. **2008**. Голоцен побережья юго-западного Приморья. *Научное обозрение*, 1: 8–27. EDN: PWPORL
4. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. **2019**. Поздняя фаза атлантического периода голоцена на юге Приморья. *Успехи современного естествознания*, (12): 96–107.
5. Белянин П.С., Андерсон П.М., Ложкин А.В., Белянина Н.И., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Горнов Д.А. **2019**. Изменения растительности на юге российского Дальнего Востока в среднем и позднем голоцене. *Известия РАН. Серия географическая*, 2: 69–84. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019269-84>
6. Лящевская М.С. **2015**. Динамика растительного покрова островов залива Петра Великого. *Известия РАН. Серия географическая*, (3): 143–50. doi.org/10.15356/0373-2444-2015-3-121-128
7. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Чаков В.В., Копотева Т.А., Климин М.А., Симонова Г.В. **2023**. Проявление глобальных похолоданий позднего голоцена на морском побережье юга Дальнего Востока. *Геоморфология и палеогеография*, 54(1): 112–130. <https://doi.org/10.31857/S2949178923010115>; EDN: GQNMFT
8. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Kudryavtseva E.P., Grebennikova T.A., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Malkov S.S. **2019**. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time. *Quaternary International*, 516: 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.007>
9. Субетто Д.А. **2009**. *Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции*. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 343 с. EDN: QKIZRX
10. Субетто Д.А., Сапелко Т.В., Столба В.Ф., Кузнецов Д.Д., Лудикова А.В., Неуструева И.Ю. **2023**. Палеолимнология озер Западного Крыма. *Доклады РАН. Науки о Земле*, 510(1): 106–111. EDN: DURVQT
11. Назарова Л.Б., Разжигаева Н.Г., Дикман Б., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Белянина Н.И., Арсланов Х.А., Кайстренко В.М., Горбунов А.О., Харламов А.А., Головатюк Л.В., Сырых Л.С., Субетто Д.А., Лисицын А.П. **2019**. Реконструкция экологических условий голоцена северо-запада Тихоокеанского региона в соотношении с палеоданными острова Шикотан. *Доклады АН*, 486(2): 212–216. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524862212-216>
12. Lozhkin A.V., Anderson P.M., Brown T.A., Grebennikova T.A., Korzun J.A., Tsigankova V.I. **2021**. Lake development and vegetation history in coastal Primor'ye: implications for Holocene climate of the southeastern Russian Far East. *Boreas*, 50(4): 983–997. <https://doi.org/10.1111/bor.12477>
13. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2014**. Палеосреда острова Русский (южное Приморье) в среднем–позднем голоцене. *Фундаментальные исследования*, 3: 516–522. <https://doi.org/10.17513/fr.33706>
14. Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И., Ложкин А.В. **2017**. Эволюция растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем плейстоцене – голоцене. *Тихоокеанская геология*, 36(4): 99–108.
15. Лящевская М.С., Ганзей К.С., Макарова Т.Р. **2017**. Реконструкция палеоусловий острова Стенина (Японское море) в среднем–позднем голоцене. *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2(11): 3–20.
16. Лящевская М.С., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. **2023**. Развитие природной среды и эволюция озера Гнилого (юго-восточное Приморье) за последние 3300 лет. *Геоморфология и палеогеография*, 54(3): 108–123.
17. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Макарова Т.Р., Корнюшенко Т.В., Кудрявцева Е.П., Ганзей К.С., Судьин В.В., Харламов А.А. **2020**. Палеозеро острова Шкота (залив Петра Великого): природный архив изменений климата и ландшафтов. *Геосистемы переходных зон*, 2: 230–249. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.2.230-249>
18. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Kornushenko T., Ganzey K., Kudryavtseva E., Prokopets S. **2020**. Environmental changes and human impact on landscapes as recorded in lagoon-lacustrine sequences of Russky Island, South Far East. *J. of Asian Earth Sciences*, 197: 104386. <https://doi.org/10.1016/j.jsaes.2020.104386>
19. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Belyanin P.S., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Sudin V.V., Klimin M.A., Kornushenko T.V. **2021**. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East. *Boreas*, 50(4): 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/bor.12545>
20. Базарова В.Б., Климин М.А., Копотева Т.А. **2018**. Голоценовая динамика восточноазиатского муссона в Нижнем Приамурье (юг Дальнего Востока). *География и природные ресурсы*, 3: 124–133. doi:10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(124-133); EDN: XYUIEN

21. Leipe C., Nakagawa T., Gotanda K., Müller S., Tarasov P. **2015**. Late Quaternary vegetation and climate dynamics at the northern limit of the East Asian summer monsoon and its regional and global-scale controls. *Quaternary Science Reviews*, 116: 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.03.012>
22. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Ponomarev V. **2023**. “Cold-Dry” and “Cold-Wet” events in the Late Holocene, Southern Russian Far East. *Climate*, 11(4): 91. <https://doi.org/10.3390/cli11040091>
23. Li C., Wu Ya., Hou X. **2011**. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quaternary International*, 229(1–2): 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.12.015>
24. Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. **2015**. Mid- to Late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China. *Holocene*, 25: 454–468. (First online 2014). <https://doi.org/10.1177/0959683614561888>
25. Kong G.S., Kim K.-O., Kim S.-P. **2013**. Characteristics of the East Asian summer monsoon in the South Sea of Korea during the Little Ice Age. *Quaternary International*, 286: 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.07.022>
26. Leipe C., Müller S., Hille K., Kato H., Kobe F., Schmidt M., Seyffert K., Spengler III R., Wagner M., Weber A.W., Tarasov P. **2018**. Vegetation change and human impacts on Rebun Island. *Quaternary Science Reviews*, 193: 129–144. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.06.011>
27. Park J., Park Jinh., Yi S., Kim J.C., Lee E., Choi J. **2019**. Abrupt Holocene climate shifts in coastal East Asia, including the 8.2 ka, 4.2 ka, and 2.8 ka BP events, and societal responses on the Korean Peninsula. *Scientific Reports*, 9: 10806. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47264-8>
28. Park Jinh., Park Jung., Yi S., Lim J., Kim J.C., Jin Q., Choi J. **2021**. Holocene hydroclimate reconstruction based on pollen, XRF, and grain-size analysis and its implications for past societies of the Korean Peninsula. *The Holocene*, 31(9): 1489–1500. <https://doi.org/10.1177/09596836211019115>
29. Lim J., Um I.-K., Yi S., Jun C.-P. **2022**. Hydroclimate change and its controlling factors during the middle to late Holocene and possible 3.7-ka climatic shift over East Asia. *Quaternary Research*, 109: 53–64. <https://doi.org/10.1017/qua.2022.13>
30. Рассказов С.В., Саранина Е.В., Мартынов Ю.А., Чащин А.А., Максимов С.О., Брандт И.С., Брандт С.Б., Масловская М.Н., Коваленко С.В. **2003**. Развитие позднекайнозойского магматизма активной континентальной окраины Южного Приморья. *Тихоокеанская геология*, 22(1): 92–109. EDN: TUHYYP
31. Глезер З.И., Жузе А.П., Макарова И.В., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова-Порецкая В.С. (ред.) **1974**. *Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные*. Л.: Наука, т. 1, 403 с.
32. Покровская И.М. **1966**. Методика камеральных работ. В кн.: *Палеопалинология*. Л.: Недра, т. 1, с. 32–61.
33. 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: 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
34. Blaauw M., Christen J.A. **2011**. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6: 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>
35. Вострецов Е.В. **2022**. Поселение Песчаный-1: от Арсеньева до наших дней. *Труды ИИАЭ*, 35: 7–33. doi:10.24412/2658-5960-2022-35-7-33; EDN: WARMBO
36. Археологические раскопки на полуострове Песчаном, произведенные В.К. Арсеньевым в 1921 году. **2020**. В кн.: *Арсеньев В.К. Полное собрание сочинений*. Владивосток: Рубеж, т. 4, кн. 1, с. 85–102.
37. Хорев В.А. **1978**. *Археологические памятники Приморского края*. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 72 с.
38. Kuzmin Y.V., Burr G.S., Timothy Jull A.J. **2001**. Radiocarbon reservoir correction ages in the Peter the Great Gulf, Sea of Japan, and eastern coast of the Kunashir, Southern Kuriles (Northwestern Pacific). *Radiocarbon*, 43(2A): 477–481. <https://doi.org/10.1017/s0033822200038364>
39. Grebennikova T., Razjigaeva N., Ganzey L., Ganzei K., Arslanov Kh., Maksimov F., Petrov A., Kharlamov A. **2020**. Evolution of a paleolake on Russian Island (Sea of Japan) in middle-late Holocene: record of sea-level oscillations, extreme storms and tsunamis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: The 5th International Conference “Ecosystem dynamics in the Holocene”*, 438: 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/438/1/012009>
40. Зенкович В.П. **1962**. *Основы учения о развитии морских берегов*. М.: АН СССР, 710 с.
41. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A. **2018**. Landscape and environmental changes along the Eastern Primorye coast during the middle to late Holocene and human effects. *Journal of Asian Earth Sciences*, 158: 160–172. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.02.013>
42. Лихачева О.Ю., Пушкарь В.С., Черепанова М.В., Павлюткин Б.И. **2009**. Зональная диатомовая шкала и основные геобиологические события неогена Приморья. *Вестник ДВО РАН*, 4: 64–72.
43. Авраменко А.С., Черепанова М.В., Пушкарь В.С., Ярусова С.Б. **2015**. Характеристика некоторых дальневосточных диатомитов. *Геология и геофизика*, 56(6): 1206–1220. doi:10.15372/GiG20150610; EDN: TYWKCH

44. Dam (van) H., Mertens A., Sinkeldam J. **1994**. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117–133. <https://doi.org/10.1007/bf02334251>
45. Fukumoto Y., Kashima K., Orkhonselenge A., Ganzorig U. **2012**. Holocene environmental changes in northern Mongolia inferred from diatom and pollen records of peat sediment. *Quaternary International*, 254: 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.10.014>
46. Харитонов В.Г. **2010**. Конспект флоры диатомовых водорослей (*Bacillariophyceae*) Северного Охотоморья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 189 с.
47. Liu Y., Wang O., Fu C. **2011**. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus *Eunotia* from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China. *Nova Hedwigia*, 92(1–2): 205–232.
48. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991**. *Bacillariophyceae*. Teil 3: *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
49. Fazlutdinova A., Gabidullin Y., Allaguvatova R., Gaysina L. **2020**. Diatoms in Kamchatka's Hot Spring Soil. *Diversity*, 12(11): 435. <https://doi.org/10.3390/d12110435>
50. You Q., Liu Y., Wang Y., Wang Q. **2009**. Taxonomy and distribution of diatoms in the genera *Epithemia* and *Rhopalodia* from the Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Nova Hedwigia*, 89(3–4): 397–430. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2009/0089-0397>
51. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986**. *Bacillariophyceae*. Teil 1: *Naviculaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (Ettl H. et al. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa; 2).
52. Ncsje A., Aa A.R., Kvarnme M., Sønstegeard E. **1994**. A record of Late Holocene avalanche activity in Frudalen, Sogndalsdalen, western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 74: 71–76.
53. Копотева Т.А., Купцова В.А. **2011**. Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья. *Вестник СВНЦ ДВО РАН*, 3: 37–41. EDN: NXSVYP
54. Кудрявцева Е.П., Базарова В.Б., Лящевская М.С., Мохова Л.М. **2018**. Амброзия полынолистная: современное распространение, структура сообществ и присутствие в голоценовых отложениях Приморского края (юг Дальнего Востока России). *Комаровские чтения*, 66: 125–146. <https://doi.org/10.25221/kl.66.5>
55. Сергушева Е.А. **2007**. Раннее земледелие в Приморье. *Вестник ДВО РАН*, 3: 116–120. EDN: LASZMX
56. Вострецов Ю.Е. **2009**. Первые земледельцы на побережье залива Петра Великого. *Вестник НГУ. Серия История, филология*, 8(3): 113–120. EDN: KWCPAP
57. Chen X.-Y., Blockley S.P.E., Tarasov P.E., Xu Y.-G., McLean D., Tomlinson E.L., Albert P.G., Liu J.-Q., Müller S., Wagner M., Menzies M.A. **2016**. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the Millennium (B-Tm) eruption, Changbaishan Volcano, northeast China. *Quaternary Geochronology*, 33: 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2016.02.003>
58. Акуличев В.А., Астахов А.С., Малахов М.И., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Марьяш А.А., Алаторцев А.В. **2016**. Первая находка криптотефры катастрофических извержений вулкана Байтоушань Х в. н.э. в шельфовых отложениях Японского моря. *Доклады АН*, 469(6): 734–738. <https://doi.org/10.7868/S0869565216240166>
59. Разжигаетва Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Сахно В.Г. **2020**. Пепел В-Тm катастрофического извержения вулкана Байтоушань в континентальных отложениях Приморья, как временной маркер малого оптимума голоцена. *Доклады РАН. Науки о Земле*, 494(2): 29–37. <https://doi.org/10.31857/S268673972010014X>; EDN: СМІЕКК
60. Сахно В.Г. **2007**. Вулкан Пектусан: хронология извержений, состав и эволюция магм на основе К-Аг-датирования и изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{18}\text{O}$. *Доклады АН*, 412(2): 226–233.
61. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1988**. *Bacillariaceae*. Teil 2: *Epithemiaceae, Surirellaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 536 p.
62. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jemel M. **2011**. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Review*, 30: 3109–3123. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.07.010>
63. Constantine M., Kim M., Park J. **2019**. Mid- to late Holocene cooling events in the Korean Peninsula and their possible impact on ancient societies. *Quaternary Research*, 92(1): 98–108. <https://doi.org/10.1017/qua.2018.132>
64. Selvaraj K., Chen C.T.A., Lou J.-Y. **2007**. Holocene East Asian monsoon variability: Links to solar and tropical Pacific forcing. *Geophysical Research Letters*, 34: L01703. <https://doi.org/10.1029/2006GL028155>
65. Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. **2009**. Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysical Research Letters*, 36(19): L19704. <https://doi.org/10.1029/2009GL040142>
66. Sun Y., Oppo D.W., Xiang R., Liu W., Gao S. **2005**. Last deglaciation in the Okinawa Trough: Subtropical northwest Pacific link to Northern Hemisphere and tropical climate. *Paleoceanography*, 20(4): PA4005. <https://doi.org/10.1029/2004PA001061>
67. Ruan J., Xu Y., Ding S., Wang Y., Zhang X.A. **2015**. A high resolution record of sea surface temperature in southern Okinawa Trough for the past 15,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 426: 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.03.007>
68. Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S. **2004**. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature*, 431: 56–59. <https://doi.org/10.1038/nature02903>
69. Moy C.M., Seltzer G., Rodbell D.T., Anderson D.M. **2002**. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch. *Nature*, 420(6912): 162–165. <https://doi.org/10.1038/nature01194>

70. Lee H., Jin-Young Lee J.-Y., Lim J. **2021**. Holocene hydrologic fluctuations on the southern coast of Korea and their link to ENSO activity. *Geosciences Journal*, 26(1): 129–140. <https://doi.org/10.1007/s12303-021-0020-8>
71. Woodruff J.D., Donnelly J.P., Okusu A. **2009**. Exploring typhoon variability over the mid-to-late Holocene: evidence of extreme coastal flooding from Kamikoshiki, Japan. *Quaternary Science Reviews*, 28(17–18): 1774–1785. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.02.005>
72. Schmidt M., Leipe Ch., Becker F., Goslar T., Hoelzmann Ph., Mingram J., Müller S., Tjallingii R., Wagner M., Tarasov P.E. **2019**. A multi-proxy palaeolimnological record of the last 16,600 years from coastal Lake Kushu in northern Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 514: 613–626. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.11.010>
73. Solomina O.N., Bradley R.S., Hodgson D.A., Ivy-Ochs S., Jomelli V., Mackintosh A.N., Nesje A., Owen L.A., Wanner H., Wiles G.C., Young N.E. **2015**. Holocene glacier fluctuations. *Quaternary Science Reviews*, 111: 9–34. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.11.018>
74. Jian Z.M., Wang P., Saito Y., Wang J.L., Pflaumann U., Oba T., Cheng X.R. **2000**. Holocene variability of the Kuroshio Current in the Okinawa Trough, northwestern Pacific Ocean. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 184(1): 305–319. [https://doi.org/10.1016/s0012-821x\(00\)00321-6](https://doi.org/10.1016/s0012-821x(00)00321-6)
75. Walker M., Head M.J., Lowe J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L.C., Fisher D., Gkinis V., Long A., Newnham R., Rasmussens S., Weiss H. **2019**. Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes. *Journal of Quaternary Science*, 34(3): 173–186. <https://doi.org/10.1002/jqs.3097>
76. Сапелко Т.В. **2022**. Подразделения голоцена по новой международной стратиграфической шкале и схема Блитта–Сернандера. В кн: Субетто Д.А. (ред.) *Динамика экосистем в голоцене*: сб. ст. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, с. 359–363. EDN: UOJVFT
77. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F., Tarasov P.E., Liu J., Mingram J. **2015**. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quaternary Science Reviews*, 124: 275–289. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.021>
78. Katsuki K., Yang D.Y., Seto K., Yasuhara M., Takata H., Otsuka M., Nakanishi T., Yoon Y., Um I.K., Cheung R.C.W., Khim B.K., Kashima K. **2016**. Factors controlling typhoons and storm rain on the Korean Peninsula during the Little Ice Age. *J. Paleolimnology*, 55: 35–48. <https://doi.org/10.1007/s10933-015-9861-3>
79. Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цурикова Т.В. **2014**. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России. *Доклады АН*, 458(1): 92–96. <https://doi.org/10.7868/S0869565214250148>; EDN: SJDPTZ
80. 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>
81. Прушковская И.А. **2022**. *Изменение палеосреды залива Петра Великого Японского моря в позднем голоцене (на основе изучения кремнистых микроводорослей)*: автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. Тихоокеан. океанол. ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток.

References

1. Korotkii A.M., Grebennikova T.A., Pushkar' V.S., Razzhigaeva N.G., Volkov V.G., Ganzei L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Makarova T.R. **1997**. [Climatic changes of the territory of Southern Far East in the Late Pleistocene – Holocene]. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 3: 121–143. (In Russ.).
2. Korotky A.M. **2002**. Palynological characteristics and radiocarbon data of Late Quaternary deposits of the Russian Far East (Lower Amur valley, Primor'ye, Sakhalin Island, Kuril Islands). In: Anderson P.M., Lozhkin A.V. (eds.) *Late Quaternary vegetation and climate of Siberia and the Russian Far East (Palynological and radiocarbon database)*. Magadan: SVNTs DVO RAN [NESC FEB RAS], p. 257–369. (In Russ.).
3. Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G., Popov A.N., Kuz'min Ya.V., Rakov V.A., Gorbarenko S.A. **2008**. Holocene of South-Western Primorye coast]. *Nauchnoe obozrenie = Scientific Review*, 1: 8–27. (In Russ.). EDN: PWPORL
4. Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G. **2019**. Late phase of Atlantic period of the Holocene in Southern Primorye (Russian Far East). *Uspekhi sovremenogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 12: 96–107. (In Russ.).
5. Belyanin P.S., Anderson P.M., Lozhkin A.V., Belyanina N.I., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Gornov D.A. **2019**. Vegetation changes in the south of the Russian Far East in the Middle and Late Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya = Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 2: 69–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019269-84>
6. Lyashchevskaya M.S. **2015**. Dynamics of vegetation of the islands of Peter the Great Bay. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya = Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 3: 143–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-3-121-128>
7. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Chakov V.V., Kopoteva T.A., Klimin M.A., Simonova G.V. **2023**. Global cooling events of the Late Holocene preserved in the coastal sediments in the southern Far East of Russia. *Geomorphology and Paleogeography*, 54(1): 112–130. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2949178923010115>; EDN: QQNMTF

8. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Kudryavtseva E.P., Grebennikova T.A., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Malkov S.S. **2019**. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time. *Quaternary International*, 516: 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.007>
9. Subetto D.A. **2009**. [*Bottom sediments of the lakes: paleolimnological reconstructions*]. SPb.: Izd-vo RGPU A.I. Gertsena, 343 p. (In Russ.). EDN: QKIZRX
10. Subetto D.A., Sapelko T.V., Stolba V.F., Kuznetsov D.D., Ludikova A.V., Neustrueva I.Yu. **2023**. Paleolimnology of lakes of western Crimea. *Doklady Earth Sciences*, 510(1): 329–334. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23600184>
11. Nazarova L.B., Razjigaeva N.G., Diekmann B., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Belyanina N.I., Arslanov K.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Kharlamov A.A., Golovatyuk L.G., Syrykh L.S., Subetto D.A., Lisitsyn A.P. **2019**. Reconstruction of Holocene environmental changes in North-Western Pacific in relation to paleorecord from Shikotan Island. *Doklady Earth Sciences*, 486(1): 494–497. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19050143>
12. Lozhkin A.V., Anderson P.M., Brown T.A., Grebennikova T.A., Korzun J.A., Tsigankova V.I. **2021**. Lake development and vegetation history in coastal Primor'ye: implications for Holocene climate of the southeastern Russian Far East. *Boreas*, 50(4): 983–997. <https://doi.org/10.1111/bor.12477>
13. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2014**. Mid to Late Holocene of Russkyi Island (southern Primorye). *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 3: 516–522. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/fr.33706>
14. Anderson P.M., Belyanin P.S., Belyanina N.I., Lozhkin A.V. **2017**. Evolution of the vegetation cover of Peter the Great Bay western coast in the Late Pleistocene – Holocene. *Russian Journal of Pacific Geology*. 36(4): 99–108. (In Russ.).
15. Lyashchevskaya M.S., Ganzei K.S., Makarova T.R. **2017**. Paleogeographical reconstruction for Stenina Island (Sea of Japan) during Middle-Late Holocene. *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2(11): 3–20. (In Russ.).
16. Lyashchevskaya M.S., Bazarova V.B., Makarova T.R. **2023**. [Environment development and the evolution of Gniloe Lake (south-eastern Primorye) during the last 3300 years]. *Geomorphology and Paleogeography*, 54(3): 108–123. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2949178923030064>
17. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Makarova T.R., Kornushenko T.V., Kudryavtseva E.P., Ganzei K.S., Sudin V.V., Kharlamov A.A. **2020**. Paleolake of Shkot Island: natural archive of climatic and landscape changes. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2: 230–249. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/grtz.2020.4.2.230-249>
18. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Kornushenko T., Ganzei K., Kudryavtseva E., Prokopets S. **2020**. Environmental changes and human impact on landscapes as recorded in lagoon-lacustrine sequences of Russky Island, South Far East. *J. of Asian Earth Sciences*, 197: 104386. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2020.104386>
19. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Belyanin P.S., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Sudin V.V., Klimin M.A., Kornushenko T.V. **2021**. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East. *Boreas*, 50(4): 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/bor.12545>
20. Bazarova V.B., Klimin M.A., Kopoteva T.A. **2018**. Holocene dynamics of the east-asian monsoon in the Lower Amur area. *Geography and Natural Resources*, 39(3): 239–247. <https://doi.org/10.1134/S1875372818030071>
21. Leipe C., Nakagawa T., Gotanda K., Müller S., Tarasov P. **2015**. Late Quaternary vegetation and climate dynamics at the northern limit of the East Asian summer monsoon and its regional and global-scale controls. *Quaternary Science Reviews*, 116: 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.03.012>
22. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Ponomarev V. **2023**. “Cold-Dry” and “Cold-Wet” events in the Late Holocene, Southern Russian Far East. *Climate*, 11(4): 91. <https://doi.org/10.3390/cli11040091>
23. Li C., Wu Ya., Hou X. **2011**. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quaternary International*, 229(1–2): 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.12.015>
24. Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. **2015**. Mid- to late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China. *Holocene*, 25: 454–468. (First online 2014). <https://doi.org/10.1177/0959683614561888>
25. Kong G.S., Kim K.-O., Kim S.-P. **2013**. Characteristics of the East Asian summer monsoon in the South Sea of Korea during the Little Ice Age. *Quaternary International*, 286: 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.07.022>
26. Leipe C., Müller S., Hille K., Kato H., Kobe F., Schmidt M., Seyffert K., Spengler III R., Wagner M., Weber A.W., Tarasov P. **2018**. Vegetation change and human impacts on Rebus Island. *Quaternary Science Reviews*, 193: 129–144. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.06.011>
27. Park J., Park Jinh., Yi S., Kim J.C., Lee E., Choi J. **2019**. Abrupt Holocene climate shifts in coastal East Asia, including the 8.2 ka, 4.2 ka, and 2.8 ka BP events, and societal responses on the Korean Peninsula. *Scientific Reports*, 9: 10806. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47264-8>
28. Park Jinh., Park Jung., Yi S., Lim J., Kim J.C., Jin Q., Choi J. **2021**. Holocene hydroclimate reconstruction based on pollen, XRF, and grain-size analysis and its

- implications for past societies of the Korean Peninsula. *The Holocene*, 31(9): 1489–1500. <https://doi.org/10.1177/09596836211019115>
29. Lim J., Um In-K., Yi S., Jun C.-P. **2022**. Hydroclimate change and its controlling factors during the middle to late Holocene and possible 3.7-ka climatic shift over East Asia. *Quaternary Research*, 109: 53–64. <https://doi.org/10.1017/qua.2022.13>
 30. Rasskazov S.V., Saranina E.V., Martynov Yu.A., Chashchin A.A., Maksimov S.O., Brandt I.S., Brandt S.B., Maslovskaya M.N., Kovalenko S.V. **2003**. Evolution of late Cenozoic magmatism at the active continental margin of southern Primorye. *Russian Journal of Pacific Geology*, 22(1): 92–109. (In Russ.). EDN: TUHYYP
 31. Gleser Z.I., Jouse A.P., Makarova I.V., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova-Poretskaya V.S. (eds) **1974**. [*Diatoms of the USSR. Fossil and recent*]. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 403 p. (In Russ.).
 32. Pokrovskaya I.M. **1966**. [A technique of cameral works]. In: Pokrovskaya I.M. (ed.) In: *Paleopalynology*. Leningrad: Nedra, vol. 1: 32–61. (In Russ.).
 33. 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: 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
 34. Blaauw M., Christen J.A. **2011**. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6: 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>
 35. Vostretsov E.V. **2022**. [Peschany-1 site: from V.K. Arseniev to us]. *Trudy IIAE DVO RAN = Proceedings of the Institute of History, Archaeology and Ethnology of the FEB RAS*, 35: 7–33. (In Russ.). doi:10.24412/2658-5960-2022-35-7-33; EDN: WARMBO
 36. [Archaeological excavations on Peschany Peninsula, carried out by V.K. Arseniev in 1921]. **2020**. In: [Arseniev V.K. Full composition of writings]. Vladivostok: Rubezh, vol. 4, B. 1, p. 85–102.
 37. Khorev V.A. **1978**. [*Archaeological sites of Primorye*]. Vladivostok: Dal'nevostochnoe kn. izd-vo, 72 p.
 38. Kuzmin Ya.V., Burr G.S., Timothy Jull A.J. **2001**. Radiocarbon reservoir correction ages in the Peter the Great Gulf, Sea of Japan, and eastern coast of the Kunashir, Southern Kuriles (Northwestern Pacific). *Radiocarbon*, 43(2A): 477–481. <https://doi.org/10.1017/s0033822200038364>
 39. Grebennikova T., Razjigaeva N., Ganzey L., Ganzei K., Arslanov Kh., Maksimov F., Petrov A., Kharlamov A. **2020**. Evolution of a paleolake on Russian Island (Sea of Japan) in middle-late Holocene: record of sea-level oscillations, extreme storms and tsunami. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: The 5th International Conference "Ecosystem dynamics in the Holocene"*, 438: 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/438/1/012009>
 40. Zenkovich V.P. **1962**. [*Basics of study of marine coast development*]. Moscow: AN SSSR, 710 p.
 41. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A. **2018**. Landscape and environmental changes along the Eastern Primorye coast during the middle to late Holocene and human effects. *Journal of Asian Earth Sciences*, 158: 160–172. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.02.013>
 42. Likhacheva O.Yu., Pushkar' V.S., Cherepanova M.V., Pavlyutkin B.I. **2009**. Zonal diatom scale and the major geobiological events of Primorye Neogene. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 4: 64–72. (In Russ.). EDN: LATAJZ
 43. Avramenko A.S., Cherepanova M.V., Pushkar' V.S., Yarusova S.B. **2015**. Diatom characteristics of the Far East siliceous organogenic deposits. *Russian Geology and Geophysics*, 56(6): 947–958. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.05.010>
 44. Dam (van) H., Mertens A., Sinkeldam J. **1994**. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherland. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117–133. <https://doi.org/10.1007/bf02334251>
 45. Fukumoto Y., Kashima K., Orkhonselenge A., Ganzorig U. **2012**. Holocene environmental changes in northern Mongolia inferred from diatom and pollen records of peat sediment. *Quaternary International*, 254: 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.10.014>
 46. Kharitonov V.G. **2010**. [*Summary of the diatom flora (Bacillariophyceae) of the Northern coast of the Okhotsk Sea*]. Magadan: SVNTs DVO RAN [NESC FEB RAS], 189 p. (In Russ.).
 47. Liu Y., Wang Q., Fu Ch. **2011**. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus *Eunotia* from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China. *Nova Hedwigia*, 92(1–2): 205–232. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0092-0205>
 48. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991**. *Bacillariophyceae*. Teil 3: *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
 49. Fazlutdinova A., Gabidullin Y., Allaguvatova R., Gaysina L. **2020**. Diatoms in Kamchatka's Hot Spring Soil. *Diversity*, 12(11): 435. <https://doi.org/10.3390/d12110435>
 50. You Q., Liu Y., Wang Y., Wang Q. **2009**. Taxonomy and distribution of diatoms in the genera *Epithemia* and *Rhopalodia* from the Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Nova Hedwigia*, 89(3–4): 397–430. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2009/0089-0397>
 51. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986**. *Bacillariophyceae*. Teil 1: *Naviculaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (Ettl H. et al. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa; 2).
 52. Ncsje A., Aa A.R., Kvarnme M., Sønstegeard E. **1994**. A record of late Holocene avalanche activity in Frudalen, Sogndalsdalen, western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 74: 71–76.

53. Kopoteva T.A., Kuptsova V.A. **2011**. Fire in water-logged open larch forests in the Amur R. area. *Vestnik SVNTc DVO RAN = Bulletin of the NESCFEB RAS*, 3: 37–41. (In Russ.). EDN: NXSVYP
54. Kudryavtseva E.P., Bazarova V.B., Lyashchevskaya M.C., Mokhova L.M. **2018**. Common ragweed (*Ambrosia artemisifolia*): the present-day distribution and the presence in the Holocene deposits of Primorsky krai (south of the Russian Far East). *Komarovskie Chteniya*, 66: 125–146. (In Russ.). <https://doi.org/10.25221/kl.66.5>
55. Sergusheva E.A. **2007**. Early agriculture in Primorye. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 3: 116–120. (In Russ.). EDN: LASZMX
56. Vostretsov Yu.E. **2009**. First cultivators in the coast of the Peter the Great Bay. *Vestnik NGU. Seriya Istoriya, filologiya*, 8(3): 113–120. EDN: KWCPAP
57. Chen X.-Y., Blockley S.P.E., Tarasov P.E., Xu Y.-G., McLean D., Tomlinson E.L., Albert P.G., Liu J.-Q., Müller S., Wagner M., Menzies M.A. **2016**. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the Millennium (B-Tm) eruption, Changbaishan Volcano, northeast China. *Quaternary Geochronology*, 33: 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2016.02.003>
58. Akulichev V.A., Astakhov A.S., Malakhov M.I., Ak-sentov K.I., Karabtsov A.A., Mar'yash A.A., Alatortsev A.V. **2016**. The first discovery of cryptotephra of the catastrophic eruptions of the Baitoushan volcano in the tenth century A.D. in the shelf deposits of the Sea of Japan. *Doklady Earth Sciences*, 469(2): 887–891. <https://doi.org/10.1134/S1028334X16080201>
59. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Sakhno V.G. **2020**. B-Tm ash of a catastrophic eruption of Baitoushan Volcano in terrestrial deposits of Primorye as an age marker of the Medieval Warm Period in the Holocene. *Doklady Earth Sciences*, 494(2): 779–786. <https://doi.org/10.1134/S1028334X20100116>
60. Sakhno V.G. **2007**. Chronology of eruptions, composition, and magmatic evolution of the Paektusan Volcano: evidence from K-Ar, $^{87}\text{SR}/^{86}\text{SR}$, and $\delta^{18}\text{O}$ isotope data. *Doklady Earth Sciences*, 412(1): 22–28. doi:10.1134/S1028334X07010060
61. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1988**. *Bacillariaceae. Teil 2: Epithemiaceae, Surirellaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 536 p.
62. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jettel M. **2011**. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Review*, 30: 3109–3123. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.07.010>
63. Constantine M., Kim M., Park J. **2019**. Mid- to late Holocene cooling events in the Korean Peninsula and their possible impact on ancient societies. *Quaternary Research*, 92(1): 98–108. <https://doi.org/10.1017/qua.2018.132>
64. Selvaraj K., Chen C.T.A., Lou J.-Y. **2007**. Holocene East Asian monsoon variability: Links to solar and tropical Pacific forcing. *Geophysical Research Letters*, 34: L01703. <https://doi.org/10.1029/2006GL028155>
65. Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. **2009**. Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysics Research Letters*, 36(19): L19704. <https://doi.org/10.1029/2009GL040142>
66. Sun Y., Oppo D.W., Xiang R., Liu W., Gao S. **2005**. Last deglaciation in the Okinawa Trough: Subtropical northwest Pacific link to Northern Hemisphere and tropical climate. *Paleoceanography*, 20(4): PA4005. <https://doi.org/10.1029/2004PA001061>
67. Ruan J., Xu Y., Ding S., Wang Y., Zhang X.A. **2015**. A high resolution record of sea surface temperature in southern Okinawa Trough for the past 15,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 426: 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.03.007>
68. Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S. **2004**. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature*, 431: 56–59. <https://doi.org/10.1038/nature02903>
69. Moy C.M., Seltzer G., Rodbell D.T., Anderson D.M. **2002**. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch. *Nature*, 420(6912): 162–165. <https://doi.org/10.1038/nature01194>
70. Lee H., Lee J.-Y., Lim J. **2021**. Holocene hydrologic fluctuations on the southern coast of Korea and their link to ENSO activity. *Geosciences Journal*, 26(1): 129–140. <https://doi.org/10.1007/s12303-021-0020-8>
71. Woodruff J.D., Donnelly J.P., Okusu A. **2009**. Exploring typhoon variability over the mid-to-late Holocene: evidence of extreme coastal flooding from Kamikoshiki, Japan. *Quaternary Science Reviews*, 28(17–18): 1774–1785. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.02.005>
72. Schmidt M., Leipe Ch., Becker F., Goslar T., Hoelzmann Ph., Mingram J., Müller S., Tjallingii R., Wagner M., Tarasov P.E. **2019**. A multi-proxy palaeolimnological record of the last 16,600 years from coastal Lake Kushu in northern Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 514: 613–626. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.11.010>
73. Solomina O.N., Bradley R.S., Hodgson D.A., Ivy-Ochs S., Jomelli V., Mackintosh A.N., Nesje A., Owen L.A., Wanner H., Wiles G.C., Young N.E. **2015**. Holocene glacier fluctuations. *Quaternary Science Reviews*, 111: 9–34. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.11.018>
74. Jian Z.M., Wang P., Saito Y., Wang J.L., Pflaumann U., Oba T., Cheng X.R. **2000**. Holocene variability of the Kuroshio Current in the Okinawa Trough, northwestern Pacific Ocean. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 184(1): 305–319. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(00\)00321-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(00)00321-6)
75. Walker M., Head M.J., Lowe J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L.C., Fisher D., Gkinis V., Long A., Newnham R., Rasmussens S., Weiss H. **2019**. Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes. *Journal of Quaternary Science*, 34(3): 173–186. <https://doi.org/10.1002/jqs.3097>

76. Sapelko T.V. **2022**. Holocene subdivisions according to the new international stratigraphic scale and the Blitt-Sernander scheme. In: Subetto D.A. (ed.) [*Dynamic of ecosystems in Holocene*]. Saint Petersburg: Izd-vo RGPU A.I. Gertsena, p. 359–363.
77. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F., Tarasov P.E., Liu J., Mingram J. **2015**. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quaternary Science Reviews*, 124: 275–289. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.021>
78. Katsuki K., Yang D.Y., Seto K., Yasuhara M., Takata H., Otsuka M., Nakanishi T., Yoon Y., Um I.K., Cheung R.C.W., Khim B.K., Kashima K. **2016**. Factors controlling typhoons and storm rain on the Korean Peninsula during the Little Ice Age. *Journal Paleolimnology*, 55: 35–48. <https://doi.org/10.1007/s10933-015-9861-3>
79. Byshev V.I., Neiman V.G., Ponomarev V.I., Romanov Y.A., Serykh I.V., Tsurikova T.V. **2014**. The influence of global atmospheric oscillation on formation of climate anomalies in the Russian Far East. *Doklady Earth Sciences*, 458(1): 1116–1120. <https://doi.org/10.1134/S1028334X14090025>
80. Razzhigayeva 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. *Izv., Atmospheric and Oceanic Physics*, 58(11): 1377–1397. <https://doi.org/10.1134/S0001433822110068>
81. Prushkovskaya I.A. **2022**. [*Change of paleoenvironments of Peter the Great Bay of the Sea of Japan in Late Holocene (on the base of siliceous microalgae studying)*]: extended abstract ... Cand. Sci. (Geology and Mineralogy). V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the FEB RAS, Vladivostok.

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, 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

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, tagrebennikova@mail.ru

Мохова Людмила Михайловна (<https://orcid.org/0000-0003-0396-4756>), научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, tigpaleo@mail.ru

Арсланов Хикматулла Адиевич (<https://orcid.org/0000-0002-2302-8175>), доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, arslanovkh@mail.ru

About the Authors

Razzhigayeva, 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, 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 RAS, Vladivostok, 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 RAS, Vladivostok, tagrebennikova@mail.ru

Mokhova, Ludmila M. (<https://orcid.org/0000-0003-0396-4756>), Researcher, Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, tigpaleo@mail.ru

Arslanov, Khikmatulla A. (<https://orcid.org/0000-0002-2302-8175>), Doctor Sci. (Geol. and Miner.), Leading Researcher, Laboratory of paleogeography and geomorphology of polar countries and the World Ocean, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Saint Petersburg, arslanovkh@mail.ru

Поступила 07.08.2023

Принята к публикации 02.10.2023

Received 7 August 2023

Accepted 2 October 2023