

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ»

г. Южно-Сахалинск, Сахалинская область

12–16 октября 2026 г.



Ученые и специалисты, аспиранты и студенты обсудят актуальные теоретические и прикладные проблемы, которые волнуют научное сообщество не только Дальневосточного региона России. Среди этих проблем природные катастрофы, методы оценки их опасности и риска, современные технологии геофизического мониторинга в сейсмоактивных и цунамиопасных регионах а также взаимосвязи живых организмов и геосистем.

Приглашаем желающих выступить с докладами и принять участие в обсуждении.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБСУЖДЕНИЙ

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

- Геологическое строение земной коры и структур различного масштаба
- Этапы и стадии развития земной коры и верхней мантии
- Вещественный состав геологических сред и объектов
- Поиск и прогнозирование месторождений полезных ископаемых

Динамика моря и вопросы изменения климата

- Поток вещества и энергии в гидросфере
- Генерация цунами и цунамиопасность
- Моделирование и прогноз морских опасных явлений
- Геолого-геоморфологические аспекты освоения морских побережий

Живые системы и геологическая среда

- Влияние природных и антропогенных факторов на живые организмы и экосистемы
- Адаптивные стратегии живых организмов
- Биологическое разнообразие и инвазии
- Анализ состояния экосистем по данным аэрокосмических исследований

Шаг в науку: технологии и практика

- Инженерные проекты и прототипы для мониторинга природных процессов
- Цифровые методы анализа геофизических и геоэкологических данных
- Моделирование природных опасностей и их последствий
- Междисциплинарные студенческие исследования

К началу работы конференции будут изданы тезисы докладов в авторской редакции. По материалам докладов будут опубликованы тематические выпуски журнала «Геосистемы переходных зон» (БС-2, входит в Перечень ВАК).

Регистрация участников осуществляется через форму на сайте конференции.

УСЛОВИЯ УЧАСТИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ВЗНОС оплачивается при регистрации.

- Для аспирантов и молодых ученых до 35 лет **3500 РУБ.** • Для остальных участников конференции **5000 РУБ.** •
- Стоимость участия включает расходы на организацию мероприятий, кофе-брейки, оргнабор участника конференции •

• **ПРОЕЗД И ПРОЖИВАНИЕ** участники конференции оплачивают самостоятельно.

Рекомендуемые гостиницы г. Южно-Сахалинска (вблизи маршрутов общественного транспорта): Lenina Hotel, Монерон, Лотос, Панорама, Командор, Юбилейная.

• **ПРОГРАММА** будет разослана участникам, а также размещена на сайте конференции.

• **ЭКСКУРСИИ:** осмотр достопримечательностей города Южно-Сахалинска; посещение Ботанического сада; геологическая экскурсия.

Подробная информация о сроках подачи тезисов, требованиях к их оформлению, порядке и условиях участия в конференции и экскурсионных мероприятиях будет размещена на сайте конференции и в последующих информационных письмах.

КОНТАКТЫ 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:

<https://imggconf.ru>

E-mail: info@imggconf.ru

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН



Дальневосточное отделение РАН



СФ ГС РАН



ФГБОУ ВО «СахГУ»



СКБ САМИ ДВО РАН



СахалинТех

САХАЛИНТЕХ САХГУ

Правительство Сахалинской области



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН.

г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б.

Проезд автобусами 10, 62, 71, 21.

Остановка — «Институт морской геологии и геофизики».



Реакция растительности обрамления бухты Заря (Японское море) на мультидекадные климатические вариации за последние 5500 лет

Н. Г. Разжигаева^{1,2}, Л. А. Ганзей¹, Л. М. Мохова¹

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Институт географии РАН, Москва, Россия

Резюме. На основе данных спорово-пыльцевого анализа озерно-болотных отложений восстановлено развитие растительности на побережье Восточного Приморья, в низкогорье и среднегорье восточного макросклона Сихотэ-Алиня за последние 5500 лет. Временное разрешение реконструкций – 30–88 лет. Выделено 20 фаз развития растительности длительностью от 670 до 120 лет, на фоне которых происходили вариации мультидекадного масштаба. Определенную роль в изменчивости палиноспектров играли условия переноса пыльцы и спор. Короткопериодные гидроклиматические изменения отражены в структуре палиноспектров в изменениях соотношения пыльцы широколиственных и темнохвойных пород, пики которых хорошо согласуются с вариациями солнечной активности. Длительная фаза устойчивого развития кедрово-широколиственных лесов отмечена в конце среднего голоцена (5050–4380 л.н.). Зафиксированы изменения растительности в похолодание ~4200 л.н., сопровождавшееся снижением увлажнения. Распространение кедра корейского происходило, как правило, в более прохладных, влажных условиях, а снижение его участия – в фазы уменьшения увлажнения. Наибольший расцвет кедровников отмечен в похолодание 2820–2640 л.н. Темнохвойные леса получили широкое распространение в начале малого ледникового периода. Роль берез увеличилась в позднем голоцене и современных условиях. Заросли ольхи распространялись на заболоченных берегах озера при уменьшении увлажнения. В переносе спор большую роль играл плоскостной смыв, активизировавшийся в периоды высокой повторяемости тайфунов. Обнаружена аллохтонная пыльца (*Cryptomeria*, *Fagus*), перенесенная в составе биоаэрозолей с удаленных территорий, вероятно с Японских островов. Не исключено, что пыльца *Ephedra* поступала с пыльными бурями с внутренних частей континента. Признаки антропогенного влияния на ландшафты зафиксированы начиная с эпохи бронзы. Наиболее значительные антропогенные изменения лесной растительности происходили в конце XIX – начале XX в. до установления заповедного режима.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, голоцен, потепления, похолодания, увлажнение, муссон, плоскостной смыв, антропогенное влияние, Дальний Восток, Восточное Приморье

Vegetation response in the surrounding area of Zarya Bay (the Sea of Japan) to multidecadal climatic variations over the past 5500 years

Nadezhda G. Razjigaeva^{1,2}, Larisa A. Ganzey¹, Lyudmila M. Mokhova¹

¹ Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

² Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The development of vegetation on the eastern coast of Primorye in the low and middle mountains of the eastern macro-slope of Sikhote-Alin over the past 5500 years was reconstructed based on the pollen analysis of lacustrine and bog sediments. The temporal resolution of the reconstructions is 30–88 years. Twenty phases of vegetation development, lasting from 670 to 120 years, were identified, amidst which the multidecadal variations took place. The transport of pollen and spores played a certain role in the variability of pollen spectra. Short-term

hydroclimatic changes are reflected in the structure of the pollen spectra as changes in the ratio of broadleaf to dark coniferous pollen, the peaks of which are consistent with solar activity variations. A long phase of stable development of Korean pine-broadleaf forests was noted at the end of the Middle Holocene (5050–4380 yr BP). Vegetation changes were recorded during the 4.2 ka event, characterized by cool climatic conditions and low humidity. Korean pine generally expanded in cooler and more humid conditions, and its presence declined during the periods of low humidity. The biggest distribution of Korean pine forests was recorded during 2820–2640 yr BP cooling. Dark coniferous forests became widespread at the beginning of the Little Ice Age. The role of birch trees increased in the late Holocene and modern conditions. Alder thickets spread along the swampy shores of the lake during decreased humidity. Slopewash, which intensified during the periods of high typhoon frequency, played a significant role in spore transport. Allochthonous pollen (*Cryptomeria*, *Fagus*) transported in bioaerosols from remote areas, possibly from the Japanese Islands, was found. *Ephedra* pollen might have been carried by dust storms from the continental interiors. Signals of anthropogenic influence on the landscape have been noted since the Bronze Age. The most significant human impact to forests occurred in the late 19th and early 20th centuries, before the establishment of a nature reserve.

Keywords: pollen analysis, Holocene, warming, cold events, moisture, monsoon, flash wash, human impact, Far East, Eastern Primorye

Финансирование и благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024). При подготовке и просмотре проб использовалось оборудование ЦКП ТИГ ДВО РАН.

Авторы выражают благодарность А.О. Горбунову (ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск), принимавшему участие в полевых работах, и А.И. Мысленкову (Лазовский государственный заповедник) за фотографию озера.

Для цитирования: Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М. Реакция растительности обрамления бухты Заря (Японское море) на мультидекадные климатические вариации за последние 5500 лет. *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 1, с. 33–56. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2026.10.1.033-056>; <https://www.elibrary.ru/bcixwr>

Funding and Acknowledgements

The study was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation (Agreement No. 075-15-2024-554 dated 24.04.2024). The equipment from the Research Equipment Sharing Center of the Pacific Geographical Institute of FEB RAS was used in preparing and viewing the samples.

The authors thank A.O. Gorbunov (IMGG FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk) for participating in fieldwork and A.I. Myslenkov (Lazovsky Nature Reserve) for providing the photo of the lake.

For citation: Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Mikhova L.M. Vegetation response in the surrounding area of Zarya Bay (the Sea of Japan) to multidecadal climatic variations over the past 5500 years. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2026, vol. 10, No. 1, p. 33–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2026.10.1.033-056>; <https://www.elibrary.ru/bcixwr>

Введение

Существенные климатические изменения в последние десятилетия, проявляющиеся в росте теплообеспеченности и межгодовых колебаниях увлажнения с увеличением повторяемости как экстремумов атмосферных осадков, так и засушливых явлений, ставят вопрос о региональных последствиях климатических рисков и возможной реакции экосистем, прогнозе их изменчивости, уязвимости и адаптации к новым условиям [1]. В этом ключе высокую актуальность приобретают работы по развитию ландшафтов при короткопериодных изменениях климата в голоцене. В последние тысячелетия значимые климатические перестройки происходили в переходной зоне

«континент–океан», характеризовавшейся сложным взаимодействием процессов в системе «океан–атмосфера», которые в Восточной Азии определяли усиление/ослабление муссонной циркуляции и проявление экстремальных гидрологических событий на разных временных рубежах [2–7]. Гидроклиматические характеристики здесь тесно связаны с отрицательными/положительными аномалиями активности циклогенеза, контролирующего осадки и увлажнение на окраине континента [8, 9]. Как и в современных условиях [10–12], большую роль в чередовании теплых/холодных сухих/влажных периодов в голоцене играли такие факторы, как Эль-Ниньо/Южное колебание (ENSO) [13], изменение интенсивности теплых течений системы Курошио [14] и сме-

щение западного струйного течения [15, 16]. Короткопериодные климатические изменения являлись ведущим фактором, определяющим динамику растительности в голоцене [17, 18], реакция которой на разнонаправленные тренды в мультидекадном масштабе на юге Дальнего Востока плохо изучена. В последние годы для отдельных модельных участков появились непрерывные высокоразрешающие палинозаписи и восстановлено развитие растительности в условиях короткопериодных изменений с разными гидроклиматическими характеристиками [19–26]. Для более полной картины развития ландшафтов на юге Дальнего Востока, уточнения хронологии климатических аномалий и их региональной вариабельности в условиях расчлененного рельефа и сильной микроклиматической изменчивости необходимы дополнительные данные по динамике растительности как главного биотического компонента ландшафта.

Целью работы является реконструкция фаз развития растительности побережья бухты Заря и горного обрамления, анализ климатических факторов, влиявших на динамику основных лесообразующих видов и болотную растительность, а также выявление сигналов антропогенного влияния.

Краткая характеристика района

Район исследования входит в состав Лазовского заповедника, второго по величине в Приморском крае после Сихотэ-Алинского. В качестве объекта для реконструкций выбран разрез органогенных отложений на побережье бухты Заря на берегу одноименного озера в 150 м от уреза Японского моря (43°02.094' с.ш.; 134°09.279' в.д.) (рис. 1). Реликтовое озеро имеет размеры 55×160 м, болото образовалось на месте более крупного водоема (480×130 м). Вокруг озера развита сплавина, переходящая в топь с травяно-сфагновыми ассоциациями и редкой ольхой японской (*Alnus japonica*). В разреженном верхнем ярусе встречается багульник шиловидный (*Ledum subulatum*) и кровохлебка тонколистная (*Sanguisorba tenuifolia*).

Из трав доминируют осоки (волосоплодная – *Carex lasiocarpa*, Мейера – *C. meyeriana*, тонкоцветковая – *C. tenuiflora*, ложнокурайская – *C. pseudocuraica*, топяная – *C. limosa*, буроватая – *C. brunnescens*, Шмидта – *C. schmidtii*), встречаются вейники Лангсдорфа и незамечаемый (*Calamagrostis langsdorffii*, *C. neglecta*), лобелия сидячелистная (*Lobelia sessilifolia*), касатик гладкий (*Iris laevigata*), ежеголовник корейский (*Sparganium coreanum*), цикута ядовитая (*Cicuta virosa*), мытник крупноцветковый (*Pedicularis grandiflora*), сабельник болотный (*Comarum palustre*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). Местами отмечены пушицы Комарова и рыжеватая (*Eriophorum komarovii*, *E. russeolum*). Краевую часть занимают заросли ольхи японской с тростником южным (*Phragmites australis*) и осокой придатконосной (*Carex appendiculata*). Моховой покров представлен сфагновыми и зелеными мхами. Растительная группировка редкая для юго-восточного Приморья: в состав входят виды, характерные для более северных областей*. Торфяная залежь, пробуренная в краевой части болота в середине XX в., не имеет горизонтов с обилием древесины или пнями, снизу залегает тростняково-топяной, выше (верхний 1 м) – сфагново-топяной торф [27]. Около озера встречалась голубика, на кочках – шикша сибирская (*Empetrum sibiricum*) [28, 29].

В озере сохранилась крупная популяция бразении Шребера (*Brasenia schreberi*), реликтового вида, который встречается в мелких, хорошо прогреваемых озерах с илистым дном [30, 31]. В сообщество водных растений также входят кувшинка четырехгранная (*Nymphaea tetragona*), рдесты плавающий (*Potamogeton natans*) и курчавый (*P. crispus*), стрелолист плавающий (*Sagittaria natans*), у берегов – белокрыльник болотный (*Calla palustris*), хвостник обыкновенный (*Hippuris vulgaris*), ежеголовник суженнолистный (*Sparganium angustifolium*) и пузырчатка – крупнокорневая и малая (*Urticularia macrorhiza*, *U. minor*)**.

* Геоботаническое описание растительности Лазовского заповедника. URL: <http://old.lazovzap.ru/pages/geobotan.html>

** <http://old.lazovzap.ru/pages/geobotan.html>

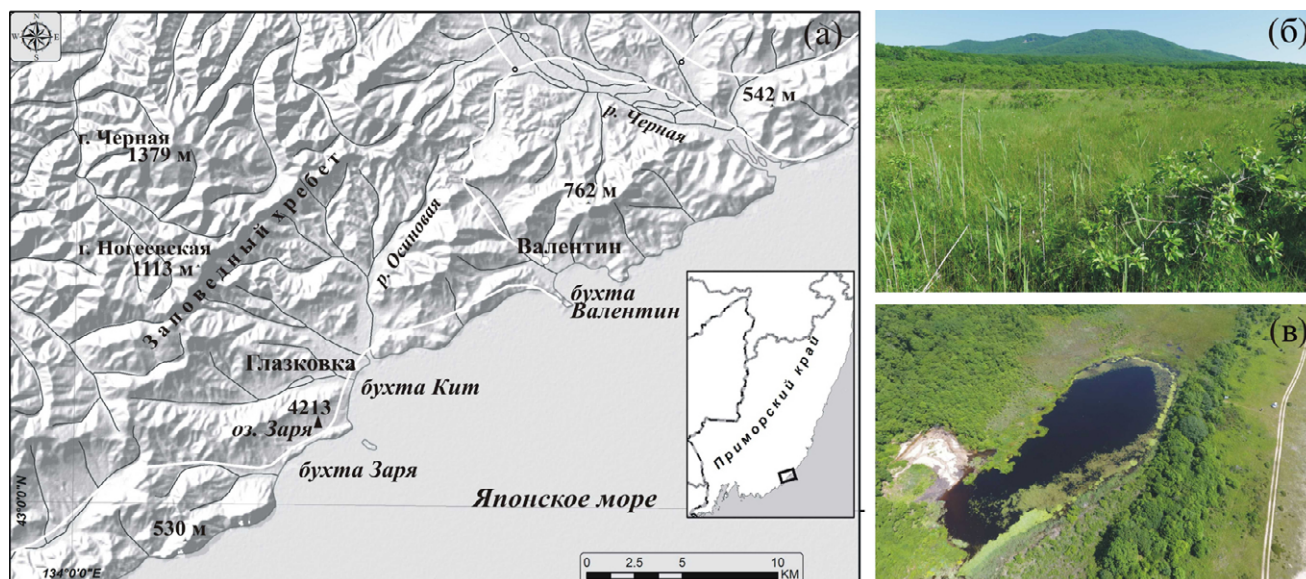


Рис. 1. Район исследований. (а) северо-западное побережье Японского моря, с прилегающим горным обрамлением, и положение изученного разреза 4213, на врезке положение бухты Заря; (б) болотный массив, развивающийся на месте палеозера; (в) оз. Заря (фото А.И. Мысленкова).

Fig. 1. Study area. (a) NW coast of the Sea of Japan with surrounding mountains and the position of the studied site 4213, the inset shows the geographical position of Zarya Bay; (б) swamp, which developed on the place of the paleolake; (в) Zarya Lake (photo by A.I. Myslenkov).

Озеро окружено вторичными дубняками, образованными дубом монгольским (*Quercus mongolica*), в районе мыса Кит есть небольшой массив липового разнотравного леса. Широколиственные леса развиты до абс. высоты 300 м, выше (до высоты 800–1000 м) склоны заняты кедрово-широколиственными лесами с участками белоберезняков, возникших на горях и образованных березой маньчжурской (*Betula mandshurica*). В древесном ярусе кедрово-широколиственных лесов принимают участие липы амурская, маньчжурская и Таке (*Tilia amurensis*, *T. mandshurica*, *T. taquetii*), ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica*), березы маньчжурская, даурская и ребристая (*Betula dahurica*, *B. costata*), калопанакс семилопастный (*Kalopanax septemlobus*) и дуб монгольский, в сухих кедровниках – ясень носолистный (*Fraxinus rhynchophylla*); в свежих – изредка встречается бархат амурский (*Phellodendron amurense*), калопанакс семилопастный и пихта белокорая. Пояс елово-пихтовых лесов (*Abies nephrolepis*, *Picea ajanensis*) распространен на высотах от 800 до 1300 м, фрагменты каменноберезняков и стлаников находятся выше 1300 м [28, 32].

Климат определяется муссонной циркуляцией атмосферы с преобладанием в зимний период сухих воздушных масс с материка и поступлением летом влажных воздушных масс с моря на сушу [8]. По данным метеостанции Преображение, расположенной в 25 км к юго-западу, температура (°C) среднегодовая +5.4°, средняя января –8.5°, средняя августа +19.3°. Максимум температур до +33.6° зарегистрирован в августе 1951 г., минимум –27.4° – в декабре 1937 г. Безморозный период составляет 174 дня. При годовом объеме атмосферных осадков в 758 мм наибольшее их количество выпадает в летний период (август – 131 мм). Относительная влажность воздуха варьирует от 44 до 89 %. Преобладают северные ветра (27 %), средняя годовая скорость 3.3 м/с*. Влияние на погоду оказывает холодное Приморское течение, с ним связаны туманы и морось в первой половине лета.

Материалы и методы

Общая мощность вскрытых органогенных отложений составляет 5 м. Основание разре-

* Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. <https://www.primgidromet.ru>

за (400–500 см) сложено темно-коричневой с оливковым оттенком минерализованной гиттией с тонкими прослоями диатомитов. Выше залегает торф, в нижней части минерализованный. Опробован каждый 5-сантиметровый интервал (далее – инт.).

Спорово-пыльцевой анализ выполнен по стандартной методике [33], с применением тяжелой жидкости $H_2O:CdI_2:KI$ 2.2 г/см³ без ацетолита. Подсчет таксонов проводился для трех групп: пыльцы древесных (AP), пыльцы трав и кустарничков (NAP) и спор. Диаграмма построена с помощью программы Tilia v. 2.0.41, выделение палинозон сделано согласно результатам кластерного анализа CONISS [34].

При интерпретации полученных данных определение источника пыльцы основных лесообразующих пород в случае одного варианта проведено до вида: дуб монгольский (*Quercus mongolica*), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica*), граб сердцевидный (*Carpinus cordata*), бархат амурский (*Phellodendron amurense*), пихта белокорая (*Abies nephrolepis*). Пыльца *Picea* sect. *Omorica* принадлежала ели аянской (*P. ajanensis*), а *Picea* sect. *Euripicea* – ели корейской (*P. koraiensis*). Предполагается, что источником пыльцы *Pinus* s/g *Haploxylon* был кедр корейский (*Pinus koraiensis*), распространенный в низко- и среднегорье, пояс кедрового стланика (*P. pumila*) занимает верхние уровни рельефа, удаленные от побережья. Пыльца *Betula* sect. *Fruticosae* принадлежала березе овальнолистной (*Betula fruticosa*).

Для определения границ ареалов растений, продуцентов аллохтонной пыльцы, использовались сведения из POWO*.

Возрастная модель построена на основе 11 радиоуглеродных AMS-дат (рис. 2). Датирование проведено в Новосибирском государственном университете (ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия НГУ-ННЦ»), подготовка проб – в Институте археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск). Материалом для датирования служили целлюлоза (инт. 92.5; 157.5; 257.5; 377.5; 432.5; 477.5 см) и гуминовая кислота (157.5; 257.5; 342.5; 477.5; 497.5 см). Байесовское моделирование выполнено в программе Bacon 2.2 [35]. Временное разрешение реконструкций составляет от 30 до 88 лет. Возраст приведен в калиброванных

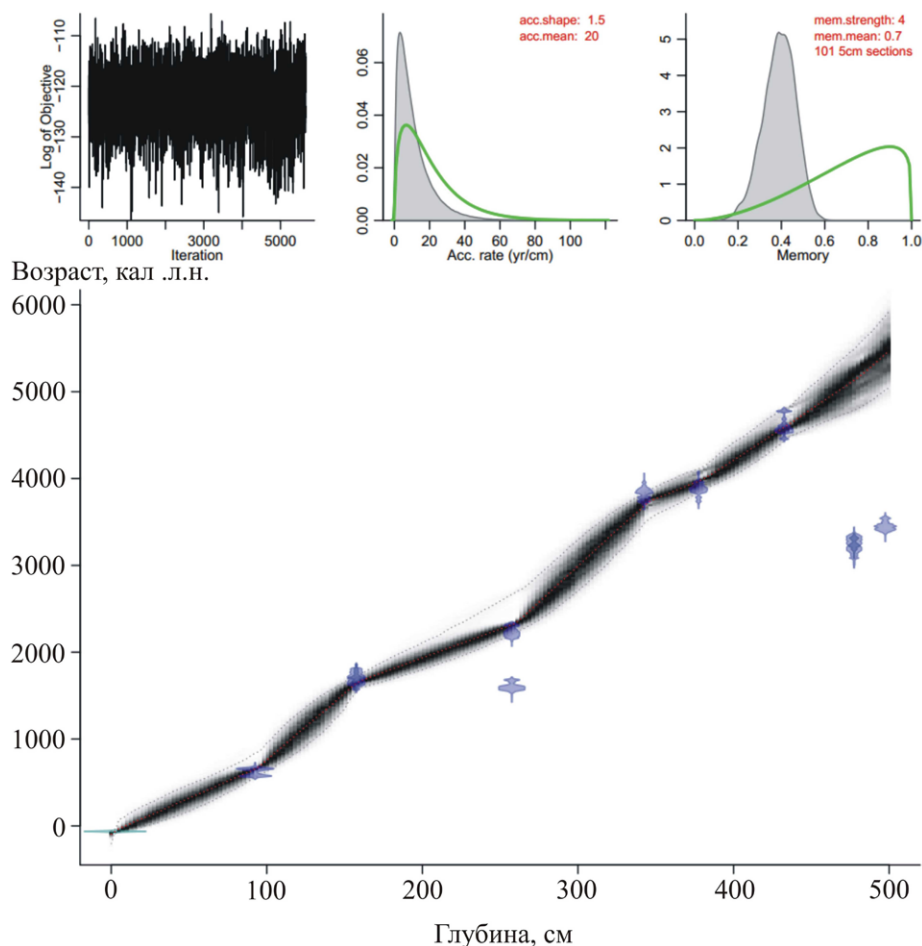


Рис. 2. Модель «глубина–возраст» отложений разреза 4213, заболоченный берег оз. Заря. Возраст – календарных лет назад (кал. л.н.).

Fig. 2. “Age–depth” model for the sediment sequence of the site 4213, swamping coast of Zarya Lake. Age, calendar yr BP; depth, cm.

* Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. 2026. URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org>

значениях. Отложения включают криптотефру влк. Байтоушань, в том числе кальдерообразующего извержения 946/947 гг. н.э. Впервые в Приморье прослой этой тефры был найден в разрезах на побережье соседней бухты Кит [36].

Результаты и обсуждение

Фазы развития растительности

Согласно возрастной модели (рис. 2), вскрытые озерно-болотные отложения накапливались последние 5500 лет, что отвечает барабашевским слоям региональной стратиграфической схемы [37]. Палиноспектры изученного разреза характеризуются большим разнообразием таксонов в группах древесных и трав, состав спор менее богатый. Соотношение групп пыльцы и спор по разрезу довольно часто резко меняется (рис. 3), особенно сильно варьирует количество спор, что, по-видимому, связано с периодическим поступлением таксонов не только благодаря ветровому разносу, но и за счет плоскостного смыва во время сильных ливней с окружающих склонов, где папоротники преобладали в лесном покрове. В целом спектры отражают развитие лесной растительности на ближайших склонах и в среднегорье, травяных группировок на заболоченных берегах озера и луговых сообществ на аккумулятивных формах побережья. Из аллохтонной пыльцы далекого разноса встречена пыльца криптомерии (*Cryptomeria*), занесенная с Японских островов, бука (*Fagus*), которая могла быть принесена как с Японии, так и с о-ва Уллындо, Корейского п-ова и Южного Китая*. Занесенной из внутренних частей материка (Северный Китай, Монголия) могла быть пыльца хвойника (*Ephedra*), хотя нельзя исключать, что в отдельные периоды голоцена он был более широко распространен, чем в настоящее время, – известно одно местообитание *Ephedra monosperma* на дюнах в приустьевой части р. Киевка, в 40–45 км южнее бух. Заря [30]. Распределение пыльцы и спор по разрезу

позволило выделить 20 палинозон, отвечающих следующим фазам развития растительности (рис. 3).

Палинозона 1 (инт. 470–500 см, 5500–5050 л.н.), выделенная для гиттии, отражает развитие многопородных широколиственных и хвойно-широколиственных лесов в низкогорье. В составе лесной растительности были широко представлены дуб, липа, клен, бархат амурский, ясень, калопанакс семилопастный и граб сердцелистный, в широколиственных долинных лесах – ильм, орех маньчжурский, в подлеске – лещина, леспедеца, сирень. Участие кедра корейского и берез незначительно. В среднегорье были распространены елово-пихтовые леса. Около озера росли ольха и ива, на болоте встречалась береза овальнолистная. Среди пыльцы трав преобладают таксоны влажных местообитаний (осоковые, лютиковые, гречишные, включая гигрофильный горец почечуйный (*Polygonum persicaria*) и др. Довольно высоко содержание пыльцы полыни (*Artemisia*, до 18 %) и лугового разнотравья, поступавшей с аккумулятивных форм побережья. В верхней части много пыльцы кровохлебки (*Sanguisorba*, до 13.6 %), характерной и для современного болота. В озере среди водной растительности был распространен водяной орех (*Trapa*, до 10.3 %), типичный для хорошо прогреваемых водоемов с глубиной 0.5–2.5 м [31]. Обилие пыльцы ежеголовника (*Sporogonium*, до 25.4 %) свидетельствует о близости берега озера. Найдено много спор папоротников (Polypodiaceae, *Osmunda*) и в небольшом количестве – сфагновых мхов.

Палинозона 2 (инт. 415–470 см, 5050–4380 л.н.) отвечает развитию кедрово-широколиственных лесов. Количество пыльцы *Pinus* s/g *Haploxylon* увеличилось (до 23.9 %). Содержание пыльцы широколиственных в нижней части снизилось, а выше – увеличилось. Роль широколиственных в лесах несколько возросла 4790–4440 л.н. Зафиксирован пик пыльцы граба (*Carpinus*, до 3.9 %, 4540–4490 л.н.), стало больше берез. Сокращение участия широколиственных началось ~4440 л.н. Среди кустарникового

* Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. 2026. URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org>

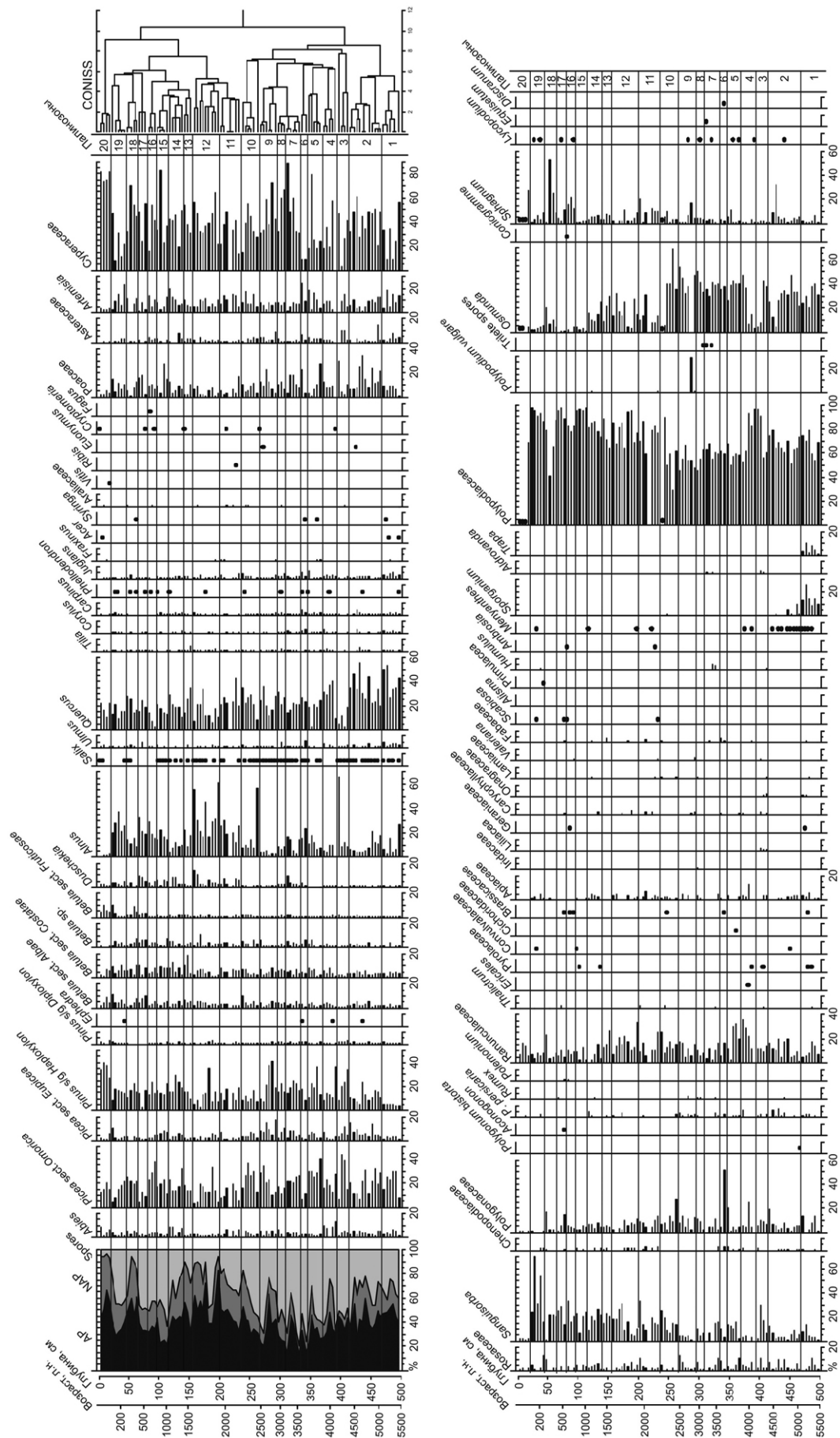


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма для отложенный разреза 4213, заболоченный берег оз. Заря. Значком показаны содержания таксонов <1%.
 Fig. 3. Pollen diagram for sediment sequence of the site 4213, swamping coast of the Zarya Lake. Symbols indicate taxa contents <1%.

яруса помимо лещины (*Corylus*, до 3.6 %) был широко развит бересклет (*Euonymus*). В нижней части зоны много пыльцы ольхи (*Alnus*, до 21.4 %) – заросли ольхи стали особенно распространены 5050–4790 л.н. Сопутствующей породой являлась ива (*Salix*), пыльца которой в небольших количествах встречается регулярно. Пыльца *Ephedra* была привнесена ~4660–4600 л.н. Количество пыльцы трав в целом становится больше (до 36.6 %), но в верхней части резко падает. Преобладает пыльца осок (Сурегасеае, до 60.9 %), стало больше пыльцы злаков (Роасеае, до 34.6 %). Среди водных растений появилась альдрованда (*Aldrovanda*), развитию которой могла способствовать полная изоляция от моря. Исчезла пыльца *Trapa* – возможно, сократилась площадь открытой воды. В отдельных пробах много спор *Sphagnum*, в пробах с обилием пыльцы темнохвойных появляются споры *Lycopodium*.

Палинозона 3 (инт. 395–415 см, 4380–4150 л.н.) отвечает более широкому развитию темнохвойных лесов в горах. Участие ели (*Picea*, до 49.8 %) особенно увеличилось 4320–4210 л.н., вблизи побережья появились кедровники (*Pinus* s/g *Haploxyton*, до 34.1 %). Доля пыльцы широколиственных и ее разнообразие резко снизились (до 5.3 %). Климат стал холоднее. Во всех пробах встречаются пыльники ольхи (*Alnus*), в верхней части эта пыльца преобладает среди древесных. Это указывает на более сухие условия – заросли ольхи могли активно развиваться на осушенных участках вокруг озера. В группе NAP стало больше пыльцы луговых трав – сложноцветных, полыни, гвоздичных, лилейных, кипрейных и т.п. Увеличилась доля пыльцы растений, развивающихся на сырых лугах (кровахлебка, гречишные), исчезает пыльца видов, типичных для переувлажненных участков, – *Menyanthes*. В составе водных растений более обильна стала альдрованда. В верхней части существенно снизилось количество спор *Osmunda*. Из палиноморф часто встречаются грибы семейства Microthyridaceae, которые являются патогенами, развиваются на поверхности растений, в том числе в разрезах торфяников.

Палинозона 4 (инт. 370–395 см, 4150–3900 л.н.) отражает увеличение роли пихты (*Abies*, до 13.2 %), более требовательной к те-

плу. Источником, скорее всего, является пихта белокорая, оптимум этого вида находится в пределах активных температур от 1400 до 1800 °С, развитию мог способствовать более устойчивый снежный покров [38]. Минимум пыльцы *Abies* зафиксирован в торфе с обилием мелких углей. Существенно увеличилось содержание пыльцы широколиственных (в сумме до 47.5 %). Состав их стал более разнообразным (дуб, ильм, липа, орех, бархат, ясень), в лесах принимал участие граб (*Carpinus*, до 3.5 %). Во второй половине периода стало больше берез (*Betula*, до 12.1 %). Резко сократилось содержание пыльцы ольхи, пыльца ивы перестала встречаться. Из аллохтонной пыльцы встретились *Cryptomeria* (4150–4090 л.н.) и *Ephedra* (4090–4030 л.н.). Количество пыльцы трав увеличилось. Преобладает пыльца растений влажных местообитаний, стало больше лютиковых, злаков, зонтичных, вновь зафиксирована пыльца вахты. На болоте появлялись вересковые кустарнички (Ericaceae). Вверх по разрезу растет количество спор *Osmunda* – чистоустника азиатского, распространенного в покрове долинных широколиственных лесов.

Палинозона 5 (инт. 345–370 см, 3900–3730 л.н.) характеризуется незначительным увеличением роли темнохвойных, стало больше пыльцы ели (*Picea*, до 42.2 %) и кедра корейского (*Pinus* s/g *Haploxyton*, до 36.6 %). Количество пыльцы широколиственных пород несколько снижается (21.5–28.95 %), особенно (до 3.2 %) в торфе, образованном 3790–3760 л.н. Состав их по-прежнему разнообразный. В верхней части увеличивается доля пыльца ольхи. Среди NAP при преобладании пыльцы осок увеличилась доля пыльцы кровахлебки, обитателя болот и сырых лугов, и полыни, поступавшей с пересыпи. Встречено много пыльцы лютиковых, основным источником, вероятно, являлась калужница болотная, обычный представитель покрова ольшаников. Стало больше спор, в верхней части пик спор *Sphagnum* может служить «холодным» сигналом.

Палинозона 6 (инт. 345–335 см, 3730–3590 л.н.). Наблюдается снижение доли пыльцы темнохвойных, кедра корейского (до 8.4 %), увеличение роли широколиственных (до 39.7 %) и развитие ольховых зарослей

(*Alnus*, до 23.8 %). В группе NAP стало меньше пыльцы осок, увеличилась доля пыльцы полыни и злаков, отмечен пик пыльцы гречишных. Увеличение содержания пыльцы бобовых указывает, что на склонах распространены заросли леспедецы, которая могла разрастаться после сильных пожаров – здесь же встречено много мелких углей. Появились споры мха *Discranium*, обитающего на стволах деревьев, гниющей древесине и скалах. Встретилась пыльца *Ephedra* (3680–3590 л.н.).

Палинозона 7 (инт. 310–335 см, 3590–3160 л.н.). Несколько увеличилась доля пыльцы кедра корейского (до 24.4 %) и темнохвойных (до 32.6 %). Возросло количество пыльцы *Duschekia* (до 9.2 %) – возможно, ольховник рос на ветробойных участках около побережья. Снижение количества пыльцы ольхи может быть свидетельством обводнения болота 3500–3340 л.н. Количество пыльцы широколиственных стало ниже (<26.3 %), меньше стало и пыльцы граба. В группе NAP резко увеличилась доля пыльцы осок (до 88 %), довольно много пыльцы злаков (Poaceae, до 18.2 %), отмечены пики отдельных таксонов (гречишные, полынь, кровохлебка). Появилась пыльца хмеля (*Humulus*, до 4.8 %), возможно свидетельствующая о деятельности человека на побережье бухты Заря 3500–3340 л.н. В верхней части встречена пыльца водных растений (*Sporganium*, *Aldrovanda*). Найдены единичные споры хвоща (*Equisetum*), возможно занесенные из долины ручья. Вновь найдены споры плаунов и появились споры трилетных папоротников.

Палинозона 8 (инт. 295–310 см, 3160–2900 л.н.). Уменьшилось содержание пыльцы темнохвойных. Причем в среднегорье, по-видимому, были более благоприятные условия для развития ели корейской (*Picea sect. Euripicea*), более устойчивой к засухам [38]. Стало больше пыльцы широколиственных (до 35.9 %), в низкогорье большие площади занимали кедрово-широколиственные леса. Среди NAP отмечена тенденция уменьшения пыльцы осок, найдена пыльца щавеля (*Rumex*).

Палинозона 9 (инт. 265–295 см, 2900–2390 л.н.) характеризуется увеличением доли AP в нижней части зоны: по-видимому, в начале периода был меньший снос спор. Силь-

но увеличилось количество пыльцы хвойных, особенно ели и кедра корейского, что отражает экспансию хвойных в среднегорье Сихотэ-Алиня с 2815 л.н. Причем 2900–2820; 2640–2560 л.н. повышалось участие ели корейской (доля пыльцы *Picea sect. Euripicea* – до 17.6 %). Количество пыльцы широколиственных в нижней части снижается (до 15.3 %), что отражает более холодные условия 2820–2640 л.н. Это подтверждается и пиками содержания спор сфагновых мхов (до 17.2 %). Обилие мелких углей свидетельствует о частых пожарах. Возможно, за счет влияния пирогенного фактора увеличилось и участие берез. Роль широколиственных несколько возростала 2560–2480 л.н. и снижалась в конце периода (2480–2390 л.н.). Пыльца граба стала встречаться единично и, скорее всего, была принесена с юга. В группе NAP преобладает пыльца растений, растущих на болотах и сырых лугах (осоковые, лютиковые, гречишные и др.). Постоянно встречается пыльца горца почечуйного, обитателя сырых участков, берегов ручьев, а также нарушенных земель. На пересыпи было много щавеля. Количество спор резко увеличилось в верхней части. Встречаются споры плаунов. В кровле отложений этой зоны найдено зерно *Cryptomeria*.

Палинозона 10 (инт. 235–265 см, 2390–2150 л.н.). Отмечена тенденция увеличения доли AP и NAP. Снижается количество пыльцы темнохвойных, причем следует отметить снижение доли *Pinus sect. Euripicea*. Исключением является инт. 245–250 см, в котором сумма пыльцы темнохвойных достигает 43.8 %, что свидетельствует о более активном переносе пыльцы со среднегорья, где расширялся пояс елово-пихтовых лесов 2240–2210 л.н. «Холодный» сигнал подтверждается и пиком спор сфагновых мхов (до 9.9 %). Судя по присутствию пыльцы аралии, 2240–2180 л.н. растительность на близлежащих склонах стала более разреженной. Появление в этом слое пыльцы ежеголовника может быть свидетельством развития на болоте небольших озерков. Пыльца ольхи, включая ее пыльники, активно поступала в отложения в начале периода в условиях частых наводнений. Количество пыльцы широколиственных увеличивается (до 42.2 %) в верхней части; по-видимому,

основное поступление пыльцы происходило с ближайших склонов. Здесь же резко увеличилась доля пыльцы берез (до 20.9 %), снизился привнос пыльцы хвойных – скорее всего, в конце периода (2180–2150 л.н.) стало суше. Среди NAP возросла доля луговых таксонов, в том числе полыни, на болоте стала в обилии расти кровохлебка. Количество спор снижается вверх по разрезу, в верхней части становится меньше спор *Osmunda*.

Палинозона 11 (инт. 200–235 см, 2150–1910 л.н.) отражает более широкое развитие по обрамлению озерной котловины зарослей ольхи (*Alnus*, до 30.3 %). Повысилось и содержание пыльцы ольховника. В травянистом покрове было много калужницы. Доля пыльцы темнохвойных несколько снижается, в составе темнохвойных лесов стало больше пихты. Содержание пыльцы широколиственных остается высоким (до 44.3 %). Среди NAP стало встречаться больше пыльцы лугового разнотравья, на аккумулятивной форме в обилии росла полынь (*Artemisia*, до 15.5 %), гвоздичные, зонтичные, возможно, были густые заросли шиповника (*Rosaceae*, до 10.3 %), среди болотной растительности увеличилось участие кровохлебки (*Sanguisorba*, до 33 %). Появилась пыльца маревых, предпочитающих открытые пространства и более сухие условия. К этому семейству относятся сорные и рудеральные растения. В нижней части встречена пыльца амброзии, это также является признаком появления нарушенных участков [39] 2120–2080 л.н. Количество спор снижается вверх по разрезу. Обращает внимание высокое содержание спор *Sphagnum*, что предполагает более широкое развитие сфагновых мхов, которые, как и в настоящее время, могли встречаться в обилии в напочвенном покрове ольшаников. Найдена аллохтонная пыльца *Cryptomeria*.

Палинозона 12 (инт. 155–200 см, 1910–1610 л.н.). Доля пыльцы *Alnus* достигает 61.8 %, встречаются пыльники. Доля пыльцы темнохвойных снижается, за исключением инт. 185–190 см (1810–1780 л.н.). Особенно мало пыльцы темнохвойных в торфе из инт. 155–165 см, образованном 1680–1610 л.н. В этом же интервале увеличивается доля пыльцы ольховника (до 13.7 %). Доля пыльцы ши-

роколиственных в целом ниже, но выделяется пик (до 34 %) в слое торфа, образованном 1750–1710 л.н. Возможно, в обрамлении бухты Заря рос граб (*Carpinus*, до 2.2 %). Среди NAP преобладает пыльца осок, лютиковых, довольно много пыльцы полыни, гречишных, в верхней части увеличивается доля пыльцы злаков и кровохлебки. Небольшой пик пыльцы *Polygonum persicaria*, возможно, свидетельствует об антропогенном нарушении земель в раннем средневековье. Количество спор сильно варьирует. Количество спор *Sphagnum* в целом стало меньше.

Палинозона 13 (140–155 см, 1610–1380 л.н.). Увеличивается содержание пыльцы темнохвойных, отмечена тенденция увеличения роли кедра корейского (в верхней части до 15.6 %). В лесах стало больше берез (*Betula*, до 24.3 %): возможно, расширился пояс каменноберезняков в среднегорье. В подлеске было много леспедецы. Количество пыльцы широколиственных существенно снижается вверх по разрезу, что отражает похолодание. На болоте более широко представлены береза овалнолистная и сфагновые мхи. Количество пыльцы ольхи снижается – котловина стала более обводнена. Доля NAP увеличилась, ведущими таксонам наряду с осоками являются кровохлебка, лютиковые, полынь и другие представители разнотравья. Присутствует пыльца далекого разноса – *Cryptomeria*, принесенная в период 1460–1380 л.н.

Палинозона 14 (инт. 115–140 см, 1380–980 л.н.). Палиноспектры отражают развитие кедрово-широколиственных лесов с участием пихты, участие которой особенно велико 1140–980 л.н. (*Abies*, до 8.5 %). Вероятно, больше пихты стало и в лесах среднегорья. Участие ели было высоким в начале периода (1380–1300 л.н.). В лесах около болота появились грушанковые (*Rugolaceae*). Состав широколиственных разнообразный, максимальное количество отмечено в торфе, образованном 1070–980 л.н. В низкогорье мог расти граб (*Carpinus*, до 1.6 %). Существенно стало меньше зарослей ольхи, возможно, за счет обводнения болота. Среди NAP стало больше злаков, полыни и других представителей астровых, розоцветных, гречишных, зонтичных. Количество спор растет вверх по разрезу.

Палинозона 15 (инт. 100–115 л.н., 980–680 л.н.) характеризуется снижением количества AP и увеличением доли спор. Среди пыльцы темнохвойных уменьшилось содержание пыльцы пихты и увеличилось – *Picea sect Eurpicea*, в среднегорье стала более распространена ель аянская. Увеличивается доля пыльцы ольхи, при снижении увлажнения на болоте развивается кустарниковый ярус. Стало меньше пыльцы осок, больше кровохлебки, злаков. Единично найдена пыльца хмеля. Снижается содержание спор *Osmunda*.

Палинозона 16 (инт. 80–95 см, 680–550 л.н.). Увеличивается доля пыльцы темнохвойных (до 45.3 %), особенно в торфе, образованном 680–630 л.н. Количество пыльцы широколиственных резко снижается, что более проявлено в первой половине периода (680–590 л.н.). Пыльца граба встречается единично (0.2 %) и явно занесена с юга. Из аллохтонной встретила пыльца *Cryptomeria*, *Fagus*. Среди NAP появляется пыльца капустовых. Присутствие пыльцы амброзии свидетельствует о появлении нарушенных участков в результате хозяйственной деятельности 590–550 л.н. На болоте стал развит покров из сфагновых мхов (*Sphagnum*, до 21.7 %). Обнаружены споры плаунов и в верхней части – кониограммы.

Палинозона 17 (инт. 65–80 см, 550–430 л.н.). Снижается содержание пыльцы темнохвойных (8–16.5 %), кедра корейского и увеличивается доля пыльцы берез, в том числе кустарниковой. Высокая доля пыльцы *Betula sect. Albae* (до 10.3 %) говорит о развитии на месте кедрово-широколиственных лесов производных белоберезняков. Сумма пыльцы широколиственной стала несколько выше, но исчезла пыльца граба, в низкогорье были развиты дубняки. Максимум широколиственных таксонов отмечен в торфе, образованном 510–470 л.н. В этом же интервале встречено очень мало пыльцы кедра корейского, отмечен пик пыльцы кустарниковой березы (3.5 %), стало больше пыльцы ольховника. Вверх по разрезу увеличивается количество пыльцы ольхи, в группе NAP – злаков и кровохлебки. Количество спор сфагновых мхов несколько снизилось, споры *Osmunda* встречаются единично. Найдена аллохтонная пыльца *Cryptomeria*.

Палинозона 18 (инт. 45–65 см, 430–270 л.н.). Резко увеличивается доля AP и NAP. В лесной растительности существенно возросло участие темнохвойных и кедра корейского. Вверх по разрезу доля пыльцы берез снижается. Пыльцы широколиственных меньше в нижней части зоны (16.4 %). Единичная пыльца граба является аллохтонной. Пыльцы ольхи и ольховника стало существенно меньше. Увеличивается содержание пыльцы кустарниковой березы (до 8.5 %). Среди NAP количество пыльцы злаков снизилось, увеличилась доля пыльцы полыни и розоцветных. Более половины спор принадлежит *Sphagnum*. Вероятно, это фиксирует климатический минимум Маундера.

Палинозона 19 (инт. 20–45 см, 270 л.н. – начало XX). Количество пыльцы темнохвойных снижается вверх по разрезу, что отражает их сокращение при хозяйственном освоении территории. Особенно сильно насаждения хвойных пострадали с середины XIX в.: снизились доли пыльцы ели аянской и кедра корейского. В палиноспектрах увеличилось участие пыльцы берез, в том числе березы белой (*Betula sect. Albae*, до 11.3 %) – в конце XIX в. появились вторичные березовые леса на месте вырубленных или сгоревших хвойных и кедрово-широколиственных лесов. В обилии отмечена пыльца ольхи (до 36.8 %). Пыльцы широколиственных стало меньше (13.5–24.8 %), но разнообразие ее увеличилось. В группе NAP преобладает пыльца кровохлебки, пыльца осок доминирует только в верхней части. Увеличивается количество пыльцы злаков (до 14.3 %). В нижней части встречается пыльца хмеля, горца почечуйного и щавеля. Возможно, на побережье бухты жили люди. Доля спор стала намного выше, существенно снижается роль сфагновых мхов. Встречаются споры плаунов. В основании зоны обнаружена пыльца *Ephedra*.

Палинозона 20 (инт. 0–20 см, с первой половины XX в. до настоящего времени) характеризует изменения в растительности после организации Южно-Уссурийского (Судзухинского) заказника в 1928 г. и Лазовского (Судзухинского заповедника) в 1935 г. Увеличилось количество AP, а в их составе – пыльцы всех хвойных таксонов, включая пихту (*Abies*, до 8.4 %). Ближайшие насаждения хвойных

находятся на Заповедном хребте в 1.8 км к северу. Содержание пыльцы темнохвойных снизилось (до 17 %) в верхней части разреза, а затем в кровле увеличилось до 23.8 %. Отмечено более высокое содержание пыльцы кедра корейского. Доля пыльцы широколиственных также увеличилась, в ее составе встречена пыльца клена (*Acer*). Появилась пыльца винограда (*Vitis*). Такие изменения отражают прекращение вырубки хвойных пород и восстановление площади елово-пихтовых, кедровников и кедрово-широколиственных лесов. Увеличение доли широколиственных (до 25.9 %) отражает и климатическую тенденцию – тренд на потепление. Пыльца граба (<0.7 %) является заносной, северная граница его ареала на побережье проходит в районе бухты Киевка в 40 км южнее. В кровле торфяника найдена пыльца *Cryptomeria*, перенесенная с Японских о-вов. В составе NAP преобладает пыльца осоковых. Количество спор сильно снижается. Довольно много спор сфагновых мхов, преобладающих в моховом покрове болота [27], которые, по-видимому, являются реликтом малого ледникового периода. Чаше стали встречаться споры *Osmunda*.

Отражение короткопериодных климатических изменений в палиноспектрах

Полученные данные позволяют восстановить динамику растительности побережья, низкогорья и среднегорья в обрамлении бухы Заря с высоким временным разрешением и оценить реакцию биотических компонентов на квазивековые и мультидекадные климатические изменения за последние 5500 лет. Следует учитывать, что большую роль в формировании палиноспектров озерно-болотных отложений играл не только ветровой перенос пыльцы, но и плоскостной смыв и поступление таксонов с текущими водами. Этот процесс давал значительный вклад в периоды высокой повторяемости наводнений, связанных с частым прохождением сильных тайфунов.

Наиболее ярко перенос за счет плоскостного смыва иллюстрируется на примере спор, в составе которых преобладают папоротники,

распространенные в лесном покрове близлежащих склонов и по окраинам болота. Распределение содержания спор на временной шкале (рис. 4) является индикатором усиления частоты прохождения залповых осадков. Индикатором уменьшения увлажнения в какой-то мере выступает содержание пыльцы ольхи, для которой условия развития по окраинам болота становятся более благоприятными. Вклад в состав палиноспектров могли оказывать ольховые заросли по обрамлению болота и на шлейфах в нижних частях склонов. Пик пыльцы ольхи наблюдается в торфе, образованном 4210–4150 л.н., что фиксирует реакцию болотной растительности на холодное «сухое» событие. Холодные условия 4200 л.н. зафиксированы в отложениях оз. Зеркальное [26] и отложениях береговых палеозер п-ова Песчаный [23].

Это похолодание хорошо проявилось и в других регионах Восточной Азии [13]. Аридизация климата была отмечена в том числе и на северо-востоке Китая в разрезе кратерного озера Удалянчи (*Wudalianchi*) и других геологических записях на обширной территории востока и юго-востока. Снижение интенсивности летнего муссона связывают с процессами в низких широтах на западе Тихого океана [40]. Аналогичные положительные пики (рис. 4) пыльцы ольхи также связаны с уменьшением увлажнения при кратковременных похолоданиях 2390–2320, 1910–1880, 1780–1750, 1650–1610 л.н., вызванных снижением величины солнечной активности [41], сопровождавшимся снижением температуры поверхности Тихого океана (ТПО) в тропиках [42] и уменьшением интенсивности течения Куроисио [14]. Во втором из названных периодов (1910–1880 л.н.) происходила активизация Сибирского антициклона [43], в двух последних (1780–1750, 1650–1610 л.н.) – интенсификация Эль-Ниньо [44]. Наиболее широкое развитие ольхи 1910–1610 л.н. (палинозона 12) отмечено в условиях снижения увлажнения и образования болота с осушками. Увеличение содержания ольхи отмечено и в отложениях оз. Латвия, расположенном на побережье Восточного Приморья в 50 км южнее [25].

Во время похолодания 1610–1380 л.н. обводнение котловины оз. Заря в силу локальных

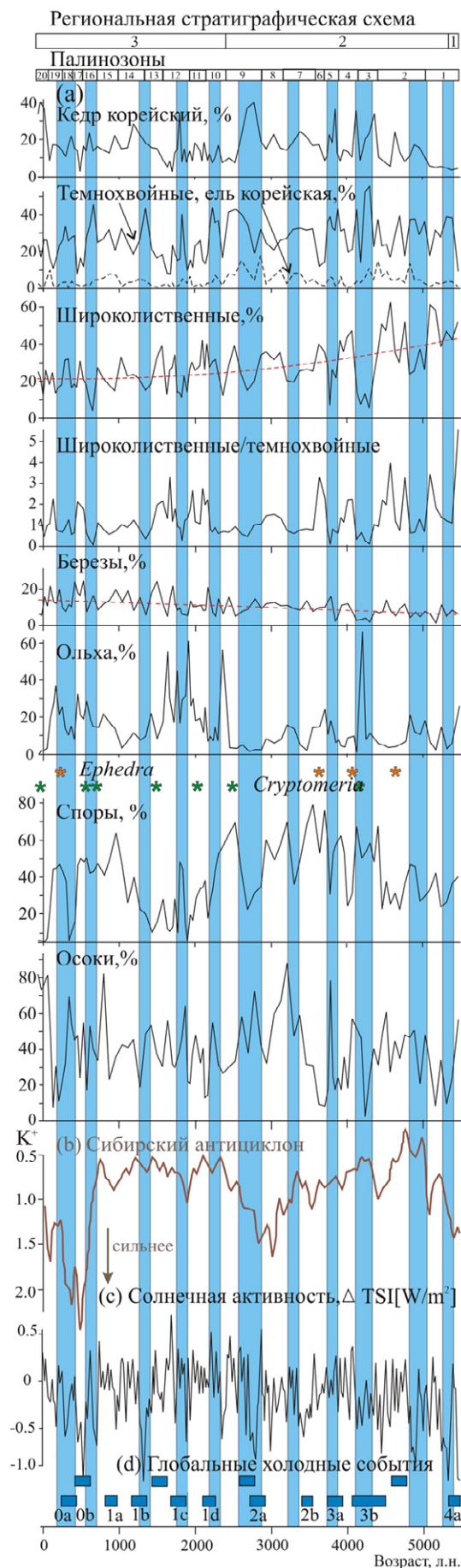


Рис. 4. Изменение содержания отдельных таксонов пыльцы и спор во времени и сопоставление с глобальными и региональными палеоклиматическими данными. Региональная стратиграфическая схема: 1 – барабашевские, 2 – амбинские, 3 – рязановские слои [37]. (а) биотические компоненты по данным изученного разреза отложений оз. Заря; (б) интенсивность Сибирского антициклона, восстановленная по распределению содержания K^+ в ледяном керне GISP2 Гренландии [43]; (с) флуктуации солнечной активности, реконструированные по измерению ^{10}Be в полярных ледяных кернах [41]; (д) глобальные холодные события северного полушария, обозначенные синими прямоугольниками; 0a–4a – номера событий (по [47, 48]). Голубыми полосами показаны похолодания, выделенные по пыльцевой записи в отложениях оз. Заря.

Fig. 4. Temporal changes in the content of pollen and spore taxa and comparison to global and regional paleoclimatic data. Regional stratigraphical scheme: 1, Barabashevskie; 2, Ambinskie; 3, Ryazanoskie units [37]. (a) biotic components according to the data from the studied section of Zarya Lake sediments; (b) intensity of Siberian High, reconstructed from the distribution of the K^+ content in the GISP2 ice core, Greenland [43]; (c) fluctuation of solar activity, reconstructed based on the measurements of ^{10}Be from polar ice cores [41]; (d) global cold events of Northern Hemisphere, marked by dark blue rectangles; 0a–4a are numbers of the events (according to [47, 48]). Light blue columns show cooling according to the pollen and spore record from Zarya Lake sediments.

причин (например, блокирование стока из котловины), отражено в снижении доли пыльцы ольхи в палиноспектрах (палинозона 13). В то же время палиноспектры показывают, что в более холодных и сухих условиях в горах расширялся пояс каменноберезняков. Данные по развитию горных ландшафтов и растительности на других участках побережья также свидетельствуют, что во время похолодания, сопоставляемого с холодной стадией Кофун на Японских о-вах [45], в Восточном Приморье климат стал суше [19, 20]. Снижение увлажнения во второй половине средневекового климатического оптимума (980–680 л.н.) было причиной более широкого развития ольхи в кустарниковом ярусе болота и на берегах озера. В верховьях бассейна р. Милоградовка переход от оптимума к малому ледниковому периоду (770–660 л.н.) также характеризовался иссушением [21]. На Васьковском болоте фиксируются более сухие условия около 920–830 л.н. [24]. На побережье зал. Находка сухой период выделен в интервале 840–730 л.н. [20]. В малый ледниковый период (палинозоны 15–17) при высоком увлажнении ольха могла развиваться на склоновых шлейфах. Увеличение ольховых зарослей в озерной котловине, связанное со снижением увлажнения в период 270 л.н. – конец XIX в. хорошо сопоставляется с данными по бассейну р. Милоградовка, где сухие условия фиксируются 240–140 л.н., а на главном водоразделе Сихотэ-Алиня (урочище Мута) суше стало 270 л.н. [21, 46].

Похолодания в изученном разрезе озерно-болотных отложений маркируются увеличением пыльцы темнохвойных пород. Основным источником пыльцы являлся пояс пихтово-еловых лесов среднегорья Заповедного хребта. Расширение их площади и увеличение участия темнохвойных пород в смешанных хвойно-широколиственных лесах обычно взаимосвязаны и четко фиксируются в палиноспектрах. Пыльца темнохвойных могла поступать и со среднегорья главного водораздела, а в наводнения смываться с верховьев ручьев. Среди похолоданий выделяются как более длительные периоды, отвечающие квазивековым изменениям, ход которых хорошо совпадает с глобальными похолоданиями [47], так и отдельные пики

пыльцы темнохвойных, фиксирующие мультидекадные события.

Увеличение содержания пыльцы темнохвойных пород около 5420–5260 л.н. совпадает с концом термического оптимума голоцена. Похолодание отмечено и в озерных отложениях на п-ове Песчаный [23]. Близкое по возрасту событие выделено для Северного полушария [48]. Существенное увеличение роли темнохвойных и снижение доли пыльцы широколиственных пород 4920–4790 л.н. также фиксируют похолодание, отвечающее глобальному событию 4800–4500 л.н. [47].

Площади пихтово-еловых лесов значительно увеличивались 4380–4150 л.н. (палинозона 3) в похолодание, близкое по возрасту к холодному событию 4200 л.н. [40]. Повышенные роли темнохвойных пород зафиксировано в это время на п-ове Песчаный [23]. Увеличение роли пихты белокорой (палинозона 4), развитию которой мог способствовать устойчивый снежный покров [38], в более теплых условиях 4150–3900 л.н. является свидетельством усиления интенсивности зимнего циклогенеза в условиях ослабления Сибирского антициклона (рис. 4). Небольшое расширение пояса темнохвойных лесов 3590–3160 л.н. (палинозона 7) происходило при тренде на похолодание и в других районах юга Дальнего Востока [49]. В районе оз. Зеркальное похолодание зафиксировано ~3560 л.н. [26]. Увеличение пыльцы пихты и ели для этого периода отмечено в разрезе лагунной террасы бухты Кит [50], а пыльцы ели – в отложениях оз. Латвия [25].

Экспансия темнохвойных пород в среднегорье в обрамлении бухты Заря отмечена начиная с 2900 л.н. (палинозона 9). Особенно широко распространилась ель, причем не только аянская, но и корейская, способная выдерживать иссушение [38]. Резко увеличивается содержание пыльцы темнохвойных пород в это время и в отложениях оз. Латвия [25]. Похолодание 2850–2140 л.н. фиксируется также в отложениях оз. Зеркальное [26] и палеоозера на побережье Амурского залива [22]. Данные по верховьям бассейна р. Милоградовка показывают, что с 2920 л.н. на фоне низкого увлажнения стали часто проходить наводнения [21]. Часть пыльцы темнохвойных с верх-

него пояса на побережье могла поставляться с плоскостным смывом. Южнее, на Шкотовском плато, распространение темнохвойных лесов началось с 2630 л.н. [51]. Такие изменения в растительности были вызваны длительным похолоданием, имевшим глобальный масштаб и сопровождавшимся в Восточной Азии иссушением [47]. Снижение увлажнения зафиксировано и во многочисленных разрезах озерно-болотных отложений на юге Дальнего Востока [52].

Полученные данные показывают сложную динамику пояса темнохвойных лесов во второй половине позднего голоцена. Расширение пояса елово-пихтовых лесов 2320–2180 л.н. является сигналом кратковременного похолодания, сопоставляемого с холодным событием Северного полушария (2270–2110 л.н.) [48]. Более широкое развитие пихты 2150–1910 л.н., вероятно, маркирует период с усилением зимнего циклогенеза. Сибирский антициклон был ослаблен [43]. Более активный привнос пыльцы темнохвойных 1810–1780 л.н. близок по возрасту к холодному событию, выделяемому в Корее [53]. Более широкое развитие ели отмечено в похолодание 1610–1380 л.н. (палинозона 13), ярко проявившееся в Восточном Приморье [19, 20]. Похолодание 1750–1350 л.н. имело глобальный масштаб в Северном полушарии [47]. В средневековый климатический оптимум увеличение роли пихты в лесах среднегорья 1140–980 л.н., по-видимому, фиксирует увеличение активности зимнего циклогенеза. В это время был ослаблен Сибирский антициклон [43], наблюдались высокие значения ТПО [42] и течение Куроисио было активно [14].

Пояс темнохвойных лесов сильно расширился в малый ледниковый период (палинозоны 16, 18, начало 19), характеризовавшийся на юге Дальнего Востока высоким увлажнением [52]. Резкие изменения содержания пыльцы темнохвойных отражают общую нестабильность климатических условий. В более сухих условиях 550–430 л.н. пояс темнохвойных несколько сократился (палинозона 17), что, по-видимому, связано с уменьшением количества атмосферных осадков в похолодание XV в., сопоставимое с минимумом Шпёрера солнечной активности [54]. На наводнения в это время

указывает пик спор. Это согласуется с результатами реконструкций развития поймы р. Цукановка на крайнем юге Приморья [55].

Участие кедра корейского в лесной растительности вблизи оз. Заря в конце среднего голоцена было менее значимым, чем на горных склонах в обрамлении бухты Кит [50]. Возможно, побережье бухты Заря было закрыто низким водораздельным хребтом от поступления пыльцы кедра с кедрово-широколиственных лесов, распространенных на других участках низкогорья. Находки углей в озерных отложениях показывают, что в обрамлении оз. Заря часто происходили пожары.

Роль кедра корейского увеличилась 5050–4380 л.н. (палинозона 2) и особенно (палинозона 3) с 4380 л.н. в более прохладных условиях. Экологический оптимум кедра корейского – сумма активных температур 1500–3000 °С, гидротермический коэффициент 2–4.2, эта порода является мезофитом [38]. Снижение его участия 4270–4150 л.н., вероятно, связано с уменьшением увлажнения, вызванным снижением интенсивности летнего муссона в холодное событие 4200 л.н. [40]. Широкое развитие кедрово-широколиственных лесов (палинозона 5) 3900–3730 л.н. происходило в теплых влажных условиях. Снижение участия кедра корейского, скорее всего, также обусловлено уменьшением увлажнения, что подтверждается ростом пыльцы ольхи. Наибольший расцвет кедровников был в похолодание 2820–2640 л.н. Это же зафиксировано и в разрезе оз. Латвия [25]. Далее участие кедра корейского в лесной растительности в окрестностях оз. Заря снизилось вплоть до 1810 л.н. Возможно, на Заповедном хребте не было чистых кедровников. Пик пыльцы кедра корейского свидетельствует о кратковременной фазе (1810–1780 л.н.) усиления циклогенеза, когда часто проходили наводнения, что подтверждается и другими данными о проявлении палеопаводков на восточном макросклоне Сихотэ Алия [21]. Севернее района исследований, в 175 км, в районе оз. Зеркальное, распространение кедра корейского в лесной растительности на низких уровнях рельефа зафиксировано 1880–1830 л.н., что можно связать с более прохладными летними температурами [26].

Увеличение участия кедра корейского начиная с 1300 л.н. хорошо совпадает с повышением увлажнения при перестройке климатической системы на потепление, зафиксированной и в разрезах других торфяников Восточного Приморья [24]. Кедр корейский был широко распространен в лесной растительности и в средневековый климатический оптимум, и в малый ледниковый период. Эта же тенденция отмечена для обрамления оз. Зеркальное [26]. Минимум пыльцы в изученном разрезе фиксирует более сухие условия в похолодание, сопоставимое с минимумом Шпёрера. Возможно, причиной были пожары на близлежащих склонах, обусловившие развитие дубняков на месте кедрово-широколиственных лесов. Засухи в это время отмечены и на Корейском п-ове [56].

Участие берез в лесной растительности было невелико. Отмечен тренд увеличения их роли от среднего голоцена к позднему и современным условиям (рис. 4). Как правило, пики пыльцы древесных берез приурочены к более сухим фазам, а увеличение их роли началось последние 2500 лет, что может быть связано со снижением интенсивности летнего муссона [2]. Более широкое развитие пояса камнеберезняков было зафиксировано в похолодание 1610–1380 л.н. (палинозона 13). В малом ледниковом периоде одним из природных факторов увеличения участия берез в лесах могли быть ветровалы, как это предполагалось при реконструкции развития растительности Шкотовского плато [51]. Современные данные показали, что площадь таких нарушений в верхних поясах гор после прохождения сильнейших тайфунов может быть значительна [57] и в периоды усиления циклонической активности, как это наблюдалось в малый ледниковый период [52], ветровалы могли быть триггером для существенного изменения растительного покрова.

Полученные данные указывают на тренд снижения содержания пыльцы широколиственных пород от среднего голоцена к позднему и к настоящему времени, несмотря на значительное распространение вторичных дубовых лесов в низкогорье. Доля пыльцы широколиственных существенно варьирует

на временной шкале, максимумы отвечают потеплениям, отдельные пики часто приурочены к кратковременным сухим фазам, когда перенос пыльцы шел в основном с низкогорья. Минимумы четко фиксируют похолодания. Наибольшего расцвета за последние 5500 лет полидоминантные широколиственные леса достигли в теплые фазы конца среднего голоцена: 5500–5050, 4790–4440 л.н. (палинозоны 1, 2). В позднем голоцене наибольшее содержание широколиственных таксонов отвечает потеплениям 4150–3900, 3730–3590, 2150–1910, 1070–980 л.н. (палинозоны 4, 6, 11, 14). Резкое снижение суммы пыльцы широколиственных фиксирует похолодания. Особенно значительное снижение отмечено 4380–4150 л.н. (палинозона 3), 2820–2640 (нижняя часть палинозоны 9), 1606–1378 л.н. (палинозона 13) и в начале малого ледникового периода – 680–590 л.н. (нижняя часть палинозоны 16). Выделяются и отдельные минимумы, например 3790–3760 л.н., что отражает кратковременное похолодание. Кратковременное ухудшение климата (похолодание и иссушение) 3700 л.н. зафиксировано и в пыльцевых записях Корейского п-ова [13]. Резкое снижение содержания пыльцы кедра корейского в изученном разрезе (рис. 4) также свидетельствует о снижении увлажнения.

Чтобы исключить влияние на состав палиноспектров локальной растительности на болоте и побережье, в первую очередь развития ольховников по обрамлению озера, хорошим показателем изменения климата является соотношение долей широколиственных таксонов и темнохвойных. Содержание пыльцы ольхи сильно колеблется и затушевывает температурный сигнал. Изменение соотношения суммы пыльцы широколиственных таксонов и суммы пыльцы темнохвойных во времени (рис. 4) хорошо согласуется с ходом вариации солнечной радиации [41] и солнечной активности [58].

Распределение аллохтонной пыльцы *Cryptomeria* и *Fagus*, которая, скорее всего, поступала с Японских островов за 600 км, показывает, что ее занос стал чаще во второй половине позднего голоцена (рис. 4). По-видимому, атмосферные процессы стали более динамичными и циклоническая активность в целом

возросла. Такое же заключение сделано и для района Курильских о-вов, где во вторую половину позднего голоцена усилился перенос аллохтонной пыльцы с юга [59]. Первая находка пыльцы *Cryptomeria* в торфе, который накапливался 4150–4090 л.н., близка к холодному событию 4200 л.н. Пыльца *Cryptomeria* переносилась и в другие холодные периоды, но есть и в поверхностном слое торфа.

Пыльца хвойника заносилась более часто в конце среднего – начале позднего голоцена (~4660–4600; 4090–4030; 3680–3590 л.н.), а также в малом ледниковом периоде 270–230 л.н. Данные по распределению эолового кварца на о. Чеджу и по изучению донных осадков Японского моря показывают, что в эти периоды западное струйное течение смещалось на север [15, 16]. Возможно, пыльца *Ephedra* поступала из районов Монголии, с севера и северо-запада Китая с материалом пыльных бурь, повторяемость которых на юге российского Дальнего Востока при смещении струйного течения на север увеличивалась. Изучение современного пыльцевого дождя показало, что пыльца *Ephedra* в обилии переносится с пыльными бурями [60]. Но нельзя исключать и близкий источник пыльцы: хвойник мог расти на песчаных аккумулятивных формах на берегу оз. Заря. Бухта находится в 40 км к северу от устья р. Киевка, где этот редкий для Приморья вид найден в составе сообщества разнотравного луга на дюнах [30, 38].

Признаки антропогенного воздействия на ландшафты

Первые признаки присутствия древнего человека в районе оз. Заря, зафиксированные в палиноспектрах появлением пыльцы хмеля, отмечены в торфе, образованном 3500–3340 л.н. Возраст близок к рубежу позднего неолита – эпохи бронзы. На берегу бухты Заря на штормовом вале известно поселение Глазковка-8, двуслойный памятник, относящийся к эпохе бронзы и средневековья*. Многослой-

ное поселение Глазковка-2 также было заселено в эпоху бронзы. Возможно, и пыльца щавеля свидетельствует о наличии на песчаной аккумулятивной форме участков с эродированным почвенным покровом 3160–2900 л.н.

Пыльца амброзии, как маркер нарушенных участков [39], найдена в торфе, образованном 2115–2080 л.н. В это время побережье Приморья активно осваивалось. Стоянки раннего железного века (янковская культура) на побережье Восточного Приморья (археологические памятники Киевка, о-в Петрова, Олений А) датируются 2200–1800 л.н. [61]. Известны стоянки раннего железного века и в районе бухты Кит (Глазковка 5, 6, Кит-1), Валентин (археологический памятник Валентин-Перешеек) [62] и бассейне р. Черная («Сокольчи-1», кроуновская культура).

Пыльца хмеля встречена и в отложениях, образованных в X–XIII вв. Появление пыльцы капустовых и амброзии в отложениях XIII–XIV вв. также могло быть связано с освоением территории. Средневековые поселения известны на побережье бухты Заря (Глазковка-8), Кит (Глазковка-1) и Валентин (Валентин-Перешеек) [62].

Наибольшие изменения лесной растительности произошли в последние столетия. Признаки развития вторичных березняков отмечены для XV–XVI вв. Темнохвойные сократили участие в лесной растительности с середины XIX – начала XX вв. Поселок Глазковка образовался в 1897 г., здесь велась активная хозяйственная деятельность, в том числе сеяли хлеб и разводили оленей. В 1934 г. был организован оленеводческий совхоз. В 1928 г. создан Южно-Уссурийский (Судзухинский) заказник, а в 1935 г. – Лазовский (Судзухинский) заповедник, филиал Сихотэ-Алинского. В 1940 г. был образован самостоятельный заповедник, закрытый в 1951 г. на 10 лет. После закрытия заповедника с 1951 по 1957 г. на большей части территории велись лесозаготовки**. Возможно, палиноспектры запечатлели изменения лесов как последствия рубок, когда на большей

* Исторические памятники Лазовского района. URL: <https://m.ok.ru/group/50686511677588/topic/61542261607316?ysclid=mfltpomvnh967171701>

** <http://old.lazovzap.ru/pages/geobotan.html>

части территории был снят заповедный режим. С 1970-х до начала 2000-х годов рубки велись и на отдельных участках будущего Национального парка «Зов тигра», организованного в 2007 г. [63]. Палиноспектры из кровли разреза отражают постепенное восстановление кедрово-широколиственных лесов на месте производных и темнохвойного пояса в горах.

Заключение

Короткопериодные климатические изменения четко фиксируются в палиноспектрах и отражают реакцию растительности на похолодания, потепления и изменение увлажнения, связанное с интенсивностью летнего муссона и активностью циклогенеза. Сигналом кратковременных похолоданий является увеличение доли темнохвойных таксонов в палиноспектрах, отражающих в первую очередь расширение пояса елово-пихтовых лесов в среднегорье.

Выделено 20 локальных палинозон, отвечающих фазам развития растительности за 5500 лет. Продолжительность их снижается с конца среднего голоцена (450–670 лет) к позднему голоцену (240–300 лет), более часто растительность стала видоизменяться в последние 680 лет (120–160 лет).

Наибольший расцвет кедровников наблюдался в похолодание 2820–2640 л.н. Снижение его участия отмечено в фазы уменьшения увлажнения. Кедрово-широколиственные леса получали широкое распространение в теплые влажные периоды. За охваченный период наиболее длительная фаза их устойчивого развития отмечена в конце среднего голоцена (5050–4380 л.н.). Более высокие содержания пыльцы широколиственных приурочены к периодам потеплений, отдельные пики фиксируют кратковременные сухие фазы, когда шел активный перенос пыльцы с низкогогорья. Соотношение пыльцы широколиственных и темнохвойных таксонов хорошо согласуется с вариациями солнечной активности. Следует подчеркнуть, что роль темнохвойных увеличивалась в похолодание на границе среднего–позднего голоцена (холодное событие ~4200 л.н.) и в начале малого ледникового периода. Отмечен тренд

повышения роли древесных берез от среднего голоцена к позднему и современным условиям. Увеличение содержания пыльцы ольхи является индикатором уменьшения увлажнения в краевой части болота по обрамлению озера. Кустарниковый ярус стал наиболее развит начиная с 3160 л.н. в условиях ослабления летнего муссона. Поступление аллохтонной пыльцы дальнего разноса более активно проходило во второй половине позднего голоцена. В переносе спор, представленных в основном папоротниками, большую роль играл плоскостной смыв, поставивший в сильные ливни материал с лесного покрова. Выделены признаки антропогенного воздействия на ландшафты, начиная с эпохи бронзы. Наиболее значительные изменения в лесной растительности происходили в конце XIX – начале XX в. до установления заповедного режима.

Список литературы

1. Киселев А.А., Махоткина Е.Л., Павлова Т.В. (ред.) *Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. СПб.: Научно-технологические, 2022, 124 с.
2. Li C., Wu Ya., Hou X. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quaternary International*. 2011,229:67–73. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.12.015>
3. Chu G., Sun Q., Xie M., Lin Y., Shang W., Zhu Q., Shan Y., Xu D., Rioual P., Wang L., Liu J. Holocene cyclic climatic variations and the role of the Pacific Ocean as recorded in varved sediments from northeastern China. *Quaternary Science Reviews*. 2014,102:85–95. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.08.008>
4. Stebich M., Rehfeld K., Schlutz F., Tarasov P.E., Liu J., Mingram J. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quaternary Science Reviews*. 2015,124:275–289. <https://doi.org/10.1016/J.QUASCIREV.2015.07.021>
5. Zhang M., Bu Z., Jiang M., Wang S., Liu S., Jin Q., Shi P. Mid-late Holocene maar lake-mire transition in northeast China triggered by hydroclimatic variability. *Quaternary Science Reviews*. 2019,220:215–229. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.021>
6. Zhang M., Bu Z., Wang S., Jiange M. Moisture changes in Northeast China since the last deglaciation: Spatiotemporal out-of-phase patterns and possible forcing mechanisms. *Earth-Science Reviews*. 2020,201:102984. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102984>

7. Park J., Bahk J., Park J., Kim H., Choi J. Mid-to-late Holocene climate variability in coastal East Asia and its impact on ancient Korean societies. *Scientific Report*. 2023,13:15379. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42551-x>
8. Лобанов В.Б., Данченков М.А., Лучин Е.В., Мезенцева Л.И., Пономарев В.И., Соколов О.В. и др. Дальневосточные моря России. В кн.: Ясюкевич В.В., Говоркова В.А., Корнева И.А. и др. (ред.) *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. М.: Росгидромет, 2014, раздел 5.4, с. 684–743.
9. Мезенцева Л.И., Гришина М.А., Кондратьев И.И. Траектории и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края. *Вестник ДВО РАН*. 2019,4:29–38.
10. Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цурикова Т.В. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России. *Доклады Академии наук*. 2014,458(1):92–96. <http://dx.doi.org/10.7868/S0869565214250148>
11. Бышев В.И., Гусев А.В., Сидорова А.Н. Концептуальные основы альтернативной физической модели современного климата. *Океанологические исследования*. 2024,52(1):5–33. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).1](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).1)
12. Ponomarev V.I., Trusenkov O.O., Trousenkov S.T., Ustinova E.I., Kaplunenko D.D., Polyakova A.M. The ENSO signal in the Northwest Pacific. *PICES Scientific Report*. 1999,10:9–31.
13. Park J., Park J., Yi S., Kim J.C., Lee E., Choi J. 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*. 2019,9:10806. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47264-8>
14. Ding X., Hu B., Li J., Lan J., Zgeb X., Yi L. Late Holocene orbital forcing and solar activity on the Kuroshio Current of subtropical north Pacific at different time-scales. *Frontiers of Earth Science*. 2022,10:845228. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.845228>
15. Lim J., Matsumoto E. Fine aeolian quartz records in Cheju Island, Korea, during the Last 6500 years and pathway change of the westerlies over East Asia. *J. of Geophysical Research: Atmospheres*. 2008,113:D08106. <http://dx.doi.org/10.1029/2007JD008501>
16. Nagashima K., Tada R., Toyoda S. Westerly Jet – East Asian summer monsoon connection during the Holocene. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2013,14:5041–5053. <https://doi.org/10.1002/2013GC004931>
17. Безрукова Е.В., Решетова С.А., Кулагина Н.В., Щетников А.А., Филинов И.А., Кузьмин М.И. Растительность и климат на севере Минусинской котловины в позднем голоцене с декадным разрешением: запись из озера Шира. Доклады Российской академии наук. 2024,518(2):359–365. <https://doi.org/10.31857/S2686739724100181>
18. Novenko E.Yu., Mazei N.G., Kupriyanov D.A., Babeshko K.V., Kusilman M.V., Zyuganova I.S., Tsyganov A.N., Mazei Yu.A., Phelps L.N., Davis B.As. A 1300-year multi-proxy palaeoecological record from the northwest Putorana Plateau (Russian Subarctic): environmental changes, vegetation dynamics and fire history. *The Holocene*. 2023,33(2):181–193. <https://doi.org/10.1177/09596836221131693>
19. Назарова Л.Б., Разжигаета Н.Г., Головаток Л.В., Бискаборн Б.К., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Дикман Б. Развитие экологических условий позднего голоцена в Восточном Приморье (Дальний Восток, Россия). *Сибирский экологический журнал*. 2021,3:274–290. <https://doi.org/10.15372/SEJ20210302>
20. Лящевская М.С., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. Развитие природной среды и эволюция озера Гнилое (юго-восточное Приморье) за последние 3300 лет. *Геоморфология и палеогеография*. 2023,54(3):108–123. <https://doi.org/10.31857/S2949178923030064>
21. Разжигаета Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Копотева Т.А., Климин М.А., Арсланов Х.А. и др. Биоиндикационные признаки атмосферных аномалий в разрезах торфяников на восточном макросклоне Сихотэ-Алиня в позднем голоцене. *Тихоокеанская геология*. 2023,42(1):45–59. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2023-42-1-45-59>
22. Разжигаета Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Чаков В.В., Копотева Т.А., Климин М.А., Симонова Г.В. Проявление глобальных похолоданий позднего голоцена на морском побережье юга Дальнего Востока. *Геоморфология и палеогеография*. 2023,54(1):112–130. <https://doi.org/10.31857/S0435428123010115>
23. Разжигаета Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Арсланов Х.А. Озерные палеоархивы изменения природной среды полуострова Песчаный, Японское море (Южное Приморье). *Геосистемы переходных зон*. 2023,7(4):375–404. <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.375-404>
24. Разжигаета Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Белянин П.С., Кудрявцева Е.П., Шекман Е.А., Копотева Т.А., Климин М.А. Васьковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене. *Тихоокеанская география*. 2025,3:44–64. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_23_4
25. Lozhkin A.V., Anderson P.M., Brown T.A., Grebennikova T.A., Korzun J.A., Tsigankova V.I. Lake development and vegetation history in coastal Primor'ye: implications for Holocene climate of the southeastern

- Russian Far East. *Boreas*. 2021,50:983–997. <https://doi.org/10.1111/bor.12477>
26. Lozhkin A.V., Cherepanova M.V., Grebennikova T.A., Anderson P.M., Brown T., Korzun J.A., Tsygankova V.I. Middle and late-Holocene coastal environments of far southeastern Russia as inferred from palynological and diatom data. *The Holocene*. 2026,36(2):223–233. <https://doi.org/10.1177/09596836251387251>
 27. Жудова П.П. *Растительность и флора Судзунского государственного заповедника Приморского края*. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967, 245 с. (Труды Сихотэ-Алинского государственного заповедника; вып. 4).
 28. *Лазовский заповедник*. М.: Агропромиздат, 1989, 206 с.
 29. Лаптев Л.А. Физико-географическая характеристика. В кн.: Азбукина З.М. (ред.) *Флора, мико- и лишениобиота Лазовского заповедника (Приморский край)*. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990, с. 4–9.
 30. Крестов П.В., Верхолат В.П. *Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья*. Владивосток: ДВО РАН, 2003, 200 с.
 31. Пшеничкова Л.М. Водные растения российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2005, 106 с.
 32. Краснопеев С.М., Розенберг В.А. (ред.) *Атлас лесов Приморского края*. Владивосток: ДВО РАН, 2005, 76 с.
 33. Покровская И.М. Методика камеральных работ. В кн.: *Палеопалинология*. Л.: Недра, 1966, т. 1, с. 32–61. (Труды ВСЕГЕИ; т. 141)..
 34. Grimm E. *Tilia software 2.0.2*. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield, 2004.
 35. Vlaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*. 2011,6(3):457–474.
 36. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Гребенникова Т.А., Кайстренко В.М., Горбунов А.О., Арсланов Х.А., Чернов С.Б., Наумов Ю.А. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья. *Тихоокеанская геология*. 2015,34(1):79–95.
 37. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. *Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография*. Новосибирск: Наука, 1980, 234 с.
 38. Урусов В.М., Лобанова И.И., Варченко Л.И. *Хвойные Российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования*. Владивосток: Дальнаука, 2007, 440 с.
 39. Vazarova V.B., Lyashchevskaya M.S., Kudryavtseva E.P., Piskareva Y.V., Astashenkova Y.V. Holocene population of Ambrosia on South of Russian Far East. *Geography, Environment, Sustainability*. 2023,16(1):16–25. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2022-123>
 40. Zhou X., Liu X., Zhan T., Oyebanji D.B., Zhang J., Tu L., Jiang S. Low-latitude forcing on 4.2 ka event indicated by records in the Asian monsoon region. *Global and Planetary Change*. 2024,235:104401. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104401>
 41. Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysics Research Letters*. 2009,36:L19704. <https://doi.org/10.1029/2009GL040142>
 42. Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature*. 2004,431:56–59. <https://doi.org/10.1038/nature02903>
 43. Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karle W., Maasch K.A., Meeker L.D., et al. Holocene climate variability. *Quaternary Research*. 2004,62:243–255.
 44. Conroy J.L., Overpeck J.T., Cole J.E., Shanahan T., Steinitz-Kannan M. Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred from a Galapagos lake sediment record. *Quaternary Science Review*. 2008,27:1166–1180. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.02.015>
 45. Sakaguchi Y. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation. *Bulletin of the Department of Geography University of Tokyo*. 1983,15:1–31.
 46. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Markarova T.R., Kudryavtseva E.P., Panichev A.M., Arslanov Kh.A. Climate and human impact on vegetation in the upper part of the Ussuri River basin in late Holocene, Russian Far East. *Geography, Environment, Sustainability*. 2019,2(12):162–172.
 47. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jettel M. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Review*. 2011,30:3109–3123. <https://doi.org/10.1016/J.QUASCIREV.2011.07.010>
 48. Gorbarenko S.A., Shi X., Liu Y., Bosin A.A., Vasilenko Y.P., Artemova A.V., Yanchenko E.A., Zou J., Yao Z., Kirichenko I.S. Reconstructing Holocene centennial cooling events: synthesized temperature changes, chronology, and forcing in the Northern Hemisphere. *Frontiers of Earth Science*. 2024,12:1415180. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1415180>
 49. Lozhkin A., Minyuk P., Cherepanova M., Anderson P., Finney B. Holocene environments of central Iturup Island, southern Kuril archipelago, Russian Far East. *Quaternary Research*. 2017,88:23–38. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.21>
 50. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A.,

- Maksimov F.E., Starikova A.A. Landscape and environmental changes of Eastern Primorye coast at middle–late Holocene: climatic changes and human impact effects. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2018,158:160–172. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.02.013>
51. Разжигаетва Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене. *Известия РАН. Серия географическая*. 2016,3:65–80. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-65-80>
52. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Ponomarev V. “Cold-Dry” and “Cold-Wet” events in the Late Holocene, Southern Russian Far East. *Climate*. 2023,11:91. <https://doi.org/10.3390/cli11040091>
53. Park J., Park J., Yi S., Lim J., Kim J.C., Jin Q., Choi J. Holocene hydroclimate reconstruction based on pollen, XRF, and grain-size analysis and its implications for past societies of the Korean Peninsula. *The Holocene*. 2021,31(9):1489–1500. <https://doi.org/10.1177/09596836211019115>
54. Wanner H., Pfister C., Neukom R. The variable European Little Ice Age. *Quaternary Science Reviews*. 2022,287:107531. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107531>
55. Базарова В.Б., Макарова Т.Р., Лящевская М.С., Макаревич Р.А., Разжигаетва Н.Г., Гельман Е.И., Пискарева Я.Е., Асташенкова Е.В. Природные обстановки пойменного осадконакопления в малый ледниковый период в дельтовой зоне р. Цукановки (юго-западное Приморье). *Тихоокеанская геология*. 2025,44(3):72–89. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2025-44-3-72-89>
56. Park J., Han J., Jin Q., Bahk J., Yi S. The link between ENSO-like forcing and hydroclimate variability of coastal East Asia during the Last Millennium. *Scientific Reports*. 2017,7:8166. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08538-1>
57. Dziziurowa V.D., Korznikov K.A., Petrenko T.Y., Dudov S.V., Krestov P.V. Assessment of the mixed coniferous broadleaved forest canopy disturbance induced by typhoon Maysak (2020) using drone-borne images near Vladivostok, Russia. *Botanica Pacifica*. 2022,11(2):81–87. <https://doi.org/10.17581/bp.2022.11214>
58. Usoskin I.G., Solanki S.K., Kovaltsov G.A. Grand minima and maxima of solar activity: New observational constraints. *Astronomy & Astrophysics*. 2007,471(1):301–309. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20077704>
59. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Ponomarev V.I., Mikhova L.M., Grebennikova T.A. Application bioaerosol records for recovery of atmospheric circulation anomalies over the Kuril Islands in the Late Glacial-Holocene. *Quaternary Science Review*. 2025,353:109222. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2025.109222>
60. Мохова Л.М. Особенности состава спорово-пыльцевого дождя во время прохождения пыльных бурь на юге Дальнего Востока. В кн.: Афонин С.А., Токкарев П.И. (ред.). *Материалы XI Всероссийской палинологической конференции*. М.: ПИ РАН, 2005, с. 173–174.
61. Кузмин Я.В., Болдин В.И., Никитин Ю.Г. Хронология культур раннего железного века и средневековья Приморья. *Россия и АТР*. 2005,4:44–53.
62. Андреева Ж.В., Гарковик А.В., Жущиховская И.С., Кононенко Н.А. (ред.) *Валентин-перешеек – поселок древних рудокопов*. М.: Наука, 1987, 248 с.
63. Бакланов П.Я., Берсенев Ю.И. (ред.) *Национальный парк «Зов тигра»*. Владивосток: Дальнаука, 2014, 147 с.

References

- Kiselev A.A., Makhotkina E.L., Pavlova T.V. (eds) [The Third assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation]. St.-Petersburg: Naukoemkie Tekhnologii [High-Tech Publ.], 2022, 124 p. (In Russ.).
- Li C., Wu Ya., Hou X. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quaternary International*. 2011,229:67–73. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.12.015>
- Chu G., Sun Q., Xie M., Lin Y., Shang W., Zhu Q., Shan Y., Xu D., Rioual P., Wang L., Liu J. Holocene cyclic climatic variations and the role of the Pacific Ocean as recorded in varved sediments from northeastern China. *Quaternary Science Reviews*. 2014,102:85–95. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.08.008>
- Stebich M., Rehfeld K., Schlutz F., Tarasov P.E., Liu J., Mingram J. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quaternary Science Reviews*. 2015,124:275–289. <https://doi.org/10.1016/J.QUASCIREV.2015.07.021>
- Zhang M., Bu Z., Jiang M., Wang S., Liu S., Jin Q., Shi P. Mid-late Holocene maar lake-mire transition in northeast China triggered by hydroclimatic variability. *Quaternary Science Reviews*. 2019,220:215–229. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.021>
- Zhang M., Bu Z., Wang S., Jiange M. Moisture changes in Northeast China since the last deglaciation: Spatiotemporal out-of-phase patterns and possible forcing mechanisms. *Earth-Science Reviews*. 2020,201:102984. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102984>
- Park J., Bahk J., Park J., Kim H., Choi J. Mid-to-late Holocene climate variability in coastal East Asia and its impact on ancient Korean societies. *Scientific Report*.

- 2023,13:15379. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42551-x>
8. Lobanov V.B., Danchenkov M.A., Luchin E.V., Mesentseva L.I., Ponomarev V.I., Sokolov O.V., et al. Far East Seas of Russia. In: Yasyukevich V.V., Govorkova V.A., Korneva I.A., et al. (eds) [*Roshydromet's second assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation*]. Moscow: Rosgidromet, 2014, Chapter 5.4, p. 684–743. (In Russ.).
 9. Mezentseva M.I., Grishina M.A., Kondrat'ev I.I. Trajectories and depth of cyclones entering the territory of Primorsky Krai. *Vestnik of the FEB RAS*. 2019,4:29–38. (In Russ.).
 10. Byshev V.I., Neiman V.G., Ponomarev V.I., Romanov Y.A., Serykh I.V., Tsurikova T.V. The influence of global atmospheric oscillation on formation of climate anomalies in the Russian Far East. *Doklady Earth Sciences*. 2014,458(1):1116–1120. <https://doi.org/10.1134/S1028334X14090025>
 11. Byshev V.I., Gusev A.V., Sidorova A.N. Conceptual foundations of an alternative physical model of modern climate. *Journal of Oceanological Research*. 2024,52(1):5–33. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).1](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).1) (In Russ.).
 12. Ponomarev V.I., Trusenkova O.O., Trousenkov S.T., Ustinova E.I., Kaplunenko D.D., Polyakova A.M. The ENSO signal in the Northwest Pacific. *PICES Scientific Report*. 1999,10:9–31.
 13. Park J., Park J., Yi S., Kim J.C., Lee E., Choi J. 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*. 2019,9:10806. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47264-8>
 14. Ding X., Hu B., Li J., Lan J., Zgebg X., Yi L. Late Holocene orbital forcing and solar activity on the Kuroshio Current of subtropical north Pacific at different time-scales. *Frontiers of Earth Science*. 2022,10:845228. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.845228>
 15. Lim J., Matsumoto E. Fine aeolian quartz records in Cheju Island, Korea, during the Last 6500 years and pathway change of the westerlies over East Asia. *J. of Geophysical Research: Atmospheres*. 2008,113:D08106. <http://dx.doi.org/10.1029/2007JD008501>
 16. Nagashima K., Tada R., Toyoda S. Westerly Jet – East Asian summer monsoon connection during the Holocene. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2013,14:5041–5053. <https://doi.org/10.1002/2013GC004931>
 17. Bezrukova E.V., Reshetova S.A., Kulagina N.V., Shchetnikov A.A., Filinov I.A., Kuzmin M.I. Vegetation and climate in the north of the Minusinsk basin in the late Holocene: a record from shira lake resolved by decade. *Doklady Earth Sciences*. 2024,518(2):1755–1760. <https://doi.org/10.1134/S1028334X2460316X>
 18. Novenko E.Yu., Mazei N.G., Kupriyanov D.A., Babeshko K.V., Kusilman M.V., Zyuganova I.S., Tsyganov A.N., Mazei Yu.A., Phelps L.N., Davis B.As. A 1300-year multi-proxy palaeoecological record from the northwest Putorana Plateau (Russian Subarctic): environmental changes, vegetation dynamics and fire history. *The Holocene*. 2023,33(2):181–193. <https://doi.org/10.1177/09596836221131693>
 19. Nazarova L.B., Razjigaeva N.G., Golovatyuk L.V., Biskaborn B.K., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Diekmann B. Reconstruction of environmental conditions in the Eastern Part of Primorsky Krai (Russian Far East) in the Late Holocene. *Contemporary Problems of Ecology*. 2021,14:218–230. <https://doi.org/10.1134/S1995425521030094>
 20. Lyashchevskaya M.S., Bazarova V.B., Makarova T.R. Environment development and the evolution of Gniloe Lake (south-eastern Primorye) during the last 3300 years. *Geomorphology and Paleogeography*. 2023,54(3):108–123. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2949178923030064>
 21. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Kopoteva T.A., Klimin M.A., Arslanov Kh.A., et al. Atmospheric anomaly bioindicators in peat sections on the eastern macroslope of the Sikhote-Alin Range in the Late Holocene. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2023,17(1):41–53. <https://doi.org/10.1134/S1819714023010086>
 22. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Chakov V.V., Klimin M.A., Simonova G.V. Global cooling events of the Late Holocene preserved in the coastal sediments in the southern Far East of Russia. *Geomorphology and Paleogeography*. 2023,54(1):112–130. <https://doi.org/10.31857/S0435428123010115>
 23. 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 pererodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*. 2023,7(4):375–404. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.375-404>
 24. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Belyanin P.S., Kudryavtseva E.P., Shekman E.A., Kopoteva T.A., Klimin M.A. Vaskovskoye Peatland as a natural archive of environmental changes in the Sikhote-Alin Biosphere Region in the late Holocene. *Pacific Geography*. 2025,3:44–64. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_23_4
 25. Lozhkin A.V., Anderson P.M., Brown T.A., Grebennikova T.A., Korzun J.A., Tsigankova V.I. Lake development and vegetation history in coastal Primor'ye: implications for Holocene climate of the southeastern Russian Far East. *Boreas*. 2021,50:983–997. <https://doi.org/10.1111/bor.12477>

26. Lozhkin A.V., Cherepanova M.V., Grebennikova T.A., Anderson P.M., Brown T., Korzun J.A., Tsygankova V.I. Middle and late-Holocene coastal environments of far southeastern Russia as inferred from palynological and diatom data. *The Holocene*. 2026,36(2):223–233. <https://doi.org/10.1177/09596836251387251>
27. Zhudova P.P. [Vegetation and flora of Sudzukhinsky State Reserve of Primorye]. Vladivostok: Far East Publ., 1967, 245 p. (Bull. of Sikhote-Alin State Reserve; Issue 4). (In Russ.).
28. [Lazovsky Reserve]. Moscow: Agropromisdat, 1989, 206 p. (In Russ.).
29. Laptev L.A. Physical and geographical characteristics. In: Azbukina Z.M. (ed) *Flora, mico- and lichen biota of the Lazovskiy Reserve (Primorye)*. Vladivostok: Far East Branch of USSR Academy of Sciences, 1990, p. 4–9. (In Russ.).
30. Krestov P.V., Verkholat V.P. *Rare plant communities of Amur region*. Vladivostok: FEB RAS, 2003, 200 p. (In Russ.).
31. Pshennikova L.M. *Aquatic plants of Russian Far East*. Vladivostok: Dalnauka, 2005, 106 p. (In Russ.).
32. Krasnopeev S.P., Rozenberg V.A. (eds) *Atlas of forests of Primorye*. Vladivostok: FEB RAS, 2005, 76 p. (In Russ.).
33. Pokrovskaya I.M. A technique of cameral works. In: *Paleopalynology*. Leningrad: Nedra, 1966, vol. 1, p. 32–61. (Trudy VSEGEI; 141). (In Russ.).
34. Grimm E. *Tilia software 2.0.2*. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield, 2004.
35. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*. 2011,6(3):457–474.
36. Ganzey L.A., Razjigaeva N.G., Nishimura Yu., Grebennikova T.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Arslanov Kh.A., Chernov S.B., Naumov Yu.A. Deposits of historical and paleotsunamis on the Coast of Eastern Primorye. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2015,9(1):64–79. <https://doi.org/10.1134/S1819714015010029>
37. Korotkii A.M., Karaulova L.P., Troitskaya T.S. *Quaternary deposits of Primorye. Stratigraphy and paleogeography*. Novosibirsk: Nauka, 1980, 234 p. (In Russ.).
38. Urusov V.M., Lobanova I.I., Varchenko L.I. [Conifers of Russian Far East – valuable object of the study, protection, breeding and use]. Vladivostok: Dalnauka, 2007, 440 p. (In Russ.).
39. Bazarova V.B., Lyashchevskaya M.S., Kudryavtseva E.P., Piskareva Y.V., Astashenkova Y.V. Holocene population of Ambrosia on South of Russian Far East. *Geography, Environment, Sustainability*. 2023,16(1):16–25. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2022-123>
40. Zhou X., Liu X., Zhan T., Oyebanji D.B., Zhang J., Tu L., Jiang S. Low-latitude forcing on 4.2 ka event indicated by records in the Asian monsoon region. *Global and Planetary Change*. 2024,235:104401. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104401>
41. Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysics Research Letters*. 2009,36:L19704. <https://doi.org/10.1029/2009GL040142>
42. Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature*. 2004,431:56–59. <https://doi.org/10.1038/nature02903>
43. Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karle W., Maasch K.A., Meeker L.D., et al. Holocene climate variability. *Quaternary Research*. 2004,62:243–255.
44. Conroy J.L., Overpeck J.T., Cole J.E., Shanahan T., Steinitz-Kannan M. Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred from a Galapagos lake sediment record. *Quaternary Science Review*. 2008,27:1166–1180. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.02.015>
45. Sakaguchi Y. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation. *Bulletin of the Department of Geography University of Tokyo*. 1983,15:1–31.
46. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Markarova T.R., Kudryavtseva E.P., Panichev A.M., Arslanov Kh.A. Climate and human impact on vegetation in the upper part of the Ussuri River basin in late Holocene, Russian Far East. *Geography, Environment, Sustainability*. 2019,2(12):162–172.
47. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jettel M. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Review*. 2011,30:3109–3123. <https://doi.org/10.1016/J.QUASCIREV.2011.07.010>
48. Gorbarenko S.A., Shi X., Liu Y., Bosin A.A., Vasilenko Y.P., Artemova A.V., Yanchenko E.A., Zou J., Yao Z., Kirichenko I.S. Reconstructing Holocene centennial cooling events: synthesized temperature changes, chronology, and forcing in the Northern Hemisphere. *Frontiers of Earth Science*. 2024,12:1415180. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1415180>
49. Lozhkin A., Minyuk P., Cherepanova M., Anderson P., Finney B. Holocene environments of central Iturup Island, southern Kuril archipelago, Russian Far East. *Quaternary Research*. 2017,88:23–38. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.21>
50. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A. Landscape and environmental changes of Eastern Primorye coast at middle-late Holocene: climatic changes and human impact effects. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2018,158:160–172. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.02.013>

51. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Makarova T.R., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikoiva A.A. The development of landscapes of the Shkotovo Plateau of Sikhote-Alin in the Late Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2016,3:65–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-65-80>
52. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Ponomarev V. “Cold-Dry” and “Cold-Wet” events in the Late Holocene, Southern Russian Far East. *Climate*. 2023,11:91. <https://doi.org/10.3390/cli11040091>
53. Park J., Park J., Yi S., Lim J., Kim J.C., Jin Q., Choi J. Holocene hydroclimate reconstruction based on pollen, XRF, and grain-size analysis and its implications for past societies of the Korean Peninsula. *The Holocene*. 2021,31(9):1489–1500. <https://doi.org/10.1177/09596836211019115>
54. Wanner H., Pfister C., Neukom R. The variable European Little Ice Age. *Quaternary Science Reviews*. 2022,287:107531. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107531>
55. Bazarova V.B., Makarova T.R., Lyashchevskaya M.S., Makarevich R.A., Razzhigaeva N.G., Gelman E.I., Piskareva Ya.E., Astashenkova E.V. Environmental conditions of floodplain sedimentation during the Little Ice Age in the deltaic zone of the Tsukanovka River (Southwestern Primorye). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2025,19(3):284–300. <https://doi.org/10.1134/S181971402570006X>
56. Park J., Han J., Jin Q., Bahk J., Yi S. The link between ENSO-like forcing and hydroclimate variability of coastal East Asia during the Last Millennium. *Scientific Reports*. 2017,7:8166. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08538-1>
57. Dziziurova V.D., Korznikov K.A., Petrenko T.Y., Dudov S.V., Krestov P.V. Assessment of the mixed coniferous broadleaved forest canopy disturbance induced by typhoon Maysak (2020) using drone-borne images near Vladivostok, Russia. *Botanica Pacifica*. 2022,11(2):81–87. <https://doi.org/10.17581/bp.2022.11214>
58. Usoskin I.G., Solanki S.K., Kovaltsov G.A. Grand minima and maxima of solar activity: New observational constraints. *Astronomy & Astrophysics*. 2007,471(1):301–309. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20077704>
59. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Ponomarev V.I., Mokhova L.M., Grebennikova T.A. Application bioaerosol records for recovery of atmospheric circulation anomalies over the Kuril Islands in the Late Glacial-Holocene. *Quaternary Science Review*. 2025,353:109222. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2025.109222>
60. Mokhova L.M. [Features of pollen rain composition during dust storms on South Far East]. In: Afonin S.A., Tokarev P.I. (eds) *Proceeding of XI Russian Pollen Conference*. Moscow: PI RAN, 2005, p. 173–174. (In Russ.).
61. Kuzmin Ya.V., Boldin V.I., Nikitin Yu.G. [Chronology of cultured of Early Iron Age and Medieval Time of Primorye]. *Russia and ATR*, 2005,4:44–53. (In Russ.).
62. Andreeva Zh.V., Garkovik A.V., Zhushikovskaya I.S., Kononenko N.A. (eds) [*Valentin-Peresheek – the settlement of ancient miners*]. Moscow: Nauka, 1987, 248 p. (In Russ.).
63. Baklanov P.Ya., Bersenev Yu.I. (eds) *National Park «Zov tигра»*. Vladivostok: Dalnauka, 2014, 147 p. (In Russ.).

Об авторах

✉ **Разжигаяева Надежда Глебовна**, доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток; ведущий научный сотрудник лаборатории глобальных климатических вызовов, Институт географии РАН, Москва, Россия, nadyar@tigdvo.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>

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

Мохова Людмила Михайловна, научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-0396-4756>

About the Authors

✉ **Razjigaeva, Nadezhda G.**, Doctor Sci. in Geography, Principal Researcher of the Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok; Leading Researcher, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, nadyar@tigdvo.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>

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

Mokhova, Ludmila M., Researcher of the Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-0396-4756>

Поступила 14.01.2026

Принята к публикации 13.02.2026

Received 14 January 2026

Accepted 13 February 2026