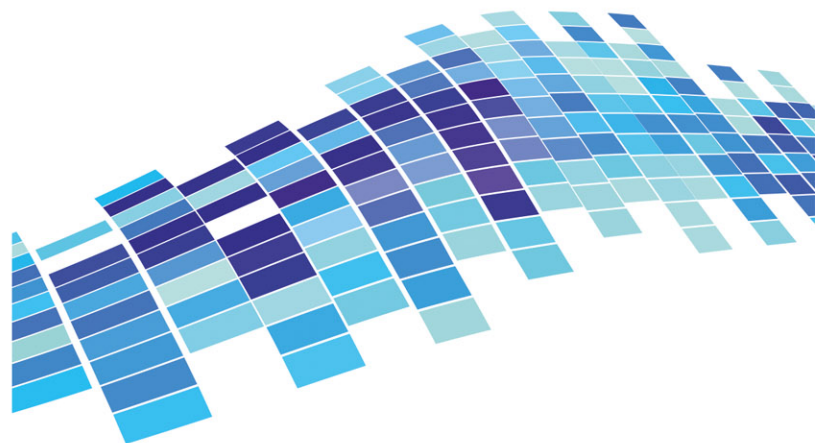


ISSN 2541-8912 (Print)
ISSN 2713-2161 (Online)

ГЕОСИСТЕМЫ ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН



GEOSYSTEMS
of Transition Zones

2022 TOM 6 № 3

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENT

Геофизика. Сейсмология

ОБЗОР

Л.М. Богомолов, Н.А. Сычева. Прогноз землетрясений в XXI веке: предыстория и концепции, предвестники и проблемы 145

Общая и региональная геология

О.А. Никитенко, В.В. Еришов, Р.В. Жарков, Г.В. Устюгов. Динамика физико-химических параметров термоминеральных вод Дагинского месторождения (до проведения реконструкции 2019–2020 гг.) 183

Вулканология

А.В. Дегтерев, М.В. Чибисова. Активность вулканов Курильских островов в 2020–2021 гг. 195

Геоморфология и палеогеография

М.С. Лящевская, Л.А. Ганзей. Динамика растительности юга Приморья при климатической ритмике малого ледникового периода 206

Ю.А. Микишин, А.О. Горбунов, И.Г. Гвоздева, М.В. Черепанова. Палеоклиматы, растительность и геохронология ландшафтно-климатических изменений на побережье юго-западной окраины Сахалина в среднем–позднем голоцене 218

Ф.А. Романюк, Д.Н. Козлов, Р.В. Жарков. Первые результаты полевых работ 2021 г. на группе Новиковских Карьерных озер (о. Сахалин): морфология и морфометрические параметры котловин 237

Океанология

Г.В. Шевченко, А.Т. Цой. Пространственная структура приливов у юго-западного побережья Камчатки по данным береговых наблюдений и спутниковой альтиметрии 246

Геоинформатика. Геоэкология

К.А. Швидская, А.В. Копанина. Крупномасштабное картографирование растительности Южно-Сахалинского грязевого вулкана и прилегающего ландшафта (остров Сахалин) по спутниковым данным 256

Экология

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

Ю.Н. Полтев, Т.Г. Коренева, В.Е. Марыжжикхин. Содержание микроэлементов в некоторых видах беспозвоночных из залива Терпения Охотского моря 277

Geophysics. Seismology

TRANSLATION

L.M. Bogomolov, N.A. Sycheva. Earthquake predictions in XXI century: prehistory and concepts, precursors and problems 145

General and regional geology

O.A. Nikitenko, V.V. Ershov, R.V. Zharkov, G.V. Ustyugov. Dynamics of the physicochemical characteristics of the thermomineral waters of the Daginsky field (before the reconstruction of the springs in 2019–2020) 183

Volcanology

A.V. Degterev, M.V. Chibisova. Volcanic activity of the Kuril Islands in 2020–2021 195

Geomorphology and Palaeogeography

M.S. Lyashchevskaya, L.A. Ganzey. Dynamic of vegetation of the southern Primorye during the climatic rhythm of the Little Ice Age 206

Yu.A. Mikishin, A.O. Gorbunov, I.G. Gvozdeva, M.V. Cherepanova. Palaeoclimates, vegetation and geochronology of landscape-climatic evolution on the coast of the south-western margin of Sakhalin in the Middle–Late Holocene 218

F.A. Romanyuk, D.N. Kozlov, R.V. Zharkov. First results of field work in 2021 on the group of Novikovskiye Karyernye lakes (Sakhalin Island): morphology and morphometric parameters of basins 237

Oceanology

G.V. Shevchenko, A.T. Tsoy. Spatial structure of the tides near the southwestern coast of Kamchatka according to coastal observations and satellite altimetry data 246

Geoinformatics. Geoecology

K.A. Shvidskaya, A.V. Kopanina. Large-scale mapping of the vegetation of the Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano and the adjacent landscape (Sakhalin Island) using satellite data 256

Ecology

SHORT REPORT

Yu.N. Poltev, T.G. Koreneva, V.E. Maryzhikhin. The content of trace elements in some invertebrate species from the Terpeniya Bay, the Sea of Okhotsk 277

© Авторы 2022 г. Открытый доступ.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors 2022. Open access.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 551.89:551.794(571.642)

<https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.218-236>
<https://www.elibrary.ru/bxuwrx>

Палеоклиматы, растительность и геохронология ландшафтно-климатических изменений на побережье юго-западной окраины Сахалина в среднем–позднем голоцене

Ю. А. Микишин^{*1}, А. О. Горбунов², И. Г. Гвоздева¹, М. В. Черепанова³

^{*}E-mail: yurimikishin@fegi.ru

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

³ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Реферат. Комплексное изучение озерно-болотных отложений на морском побережье позволило уточнить ландшафтно-климатические изменения юго-западного Сахалина с конца атлантического периода голоцена до современности. Завершение периода (5400–5300 календарных л.н.) отражено в осадках небольшого пресного озера в приустьевой зоне реки, возникшего в трансгрессивную фазу Японского моря, уровень которого превышал современный на 2–2.5 м. Климат был значительно теплее настоящего и лишь немного уступал условиям оптимума голоцена. Растительный покров составляли широколиственные леса с преобладанием дуба и смешанные ассоциации. Суббореальный период зафиксирован двумя событиями с климатом теплее современного. Первое из них отвечало раннему термическому максимуму периода (4100–3600 к.л.н.), по теплообеспеченности приближавшемуся к финалу атлантика. Его относительная засушливость обусловила незначительное участие темнохвойных пород (ель, пихта) в растительности, в которой главенствовали широколиственные леса с доминированием дуба. Второе событие (3500–2900? к.л.н.) соответствовало позднему термическому максимуму периода, с более прохладным и влажным климатом. Он привел к появлению массивов темнохвойной тайги и ослаблению роли широколиственных лесов. В середине субатлантического периода голоцена (1700–1450 к.л.н.) развивался климат, определивший преобладание ландшафта тайги современного облика, без участия *Tsuga diversifolia*. Впервые обнаружен эпизод с климатом теплее нынешнего, отвечавшим, скорее всего, относительному похолоданию IX – начала X в. в период «Малого оптимума голоцена». Широколиственные деревья в лесах тогда встречались чаще, чем при потеплениях второй половины XIV–XV вв. и современности. Антропогенные изменения XX в. привели к распространению на юго-западном Сахалине открытых ландшафтов с зарослями бамбука и преобладанию берез в растительном покрове.

Ключевые слова: ландшафтно-климатические изменения, радиоуглеродное датирование, спорово-пыльцевой комплекс, диатомовые водоросли, морское побережье, озерные отложения, торфяник

Palaeoclimates, vegetation and geochronology of landscape-climatic evolution on the coast of the south-western margin of Sakhalin in the Middle–Late Holocene

Yuri A. Mikishin^{*1}, Alexei O. Gorbunov², Irina G. Gvozdeva¹, Marina V. Cherepanova³

^{*}E-mail: yurimikishin@fegi.ru

¹Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

³Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. A comprehensive study of lacustrine-swamp sediments made it possible to clarify the landscape and climatic changes on the sea coast of southwestern Sakhalin from the end of the Atlantic Period of Holocene to the present time. The end of Period (5400–5300 Cal.yrBP) is reflected with the sediments of a small freshwater lake

in the mouth zone of river, which arose during the transgressive phase of the Sea of Japan, the level of which was 2–2.5 m higher than the present day. The climate was much warmer than the present one, and only slightly inferior to Holocene optimum conditions. The vegetation cover consisted of broad-leaved forests with oak predominance and mixed associations. The Subboreal Period was recorded by two events warmer than the present climate. The first of them corresponded to the early thermal maximum of the period (4100–3600 Cal.yrBP), close in terms of heat supply to the final of Atlantic Period. Its relative aridity determined the insignificant participation of dark coniferous species (*Picea*, *Abies*) in the vegetation, which was dominated by broad-leaved forests with oak predominance. The second event (3500–2900? Cal.yrBP) corresponded to the late thermal maximum of the Period, with a cooler and more humid climate. It led to a weakening of the significance of broad-leaved forests in the vegetation cover and the appearance of dark coniferous taiga massifs. In the middle of the Subatlantic Period (1700–1450 Cal.yrBP), a climate developed that determined the predominance of the modern taiga landscape, without the participation of the hemlock (*Tsuga diversifolia*). For the first time, an episode warmer than the current climate was discovered, which most likely corresponded to the relative cooling of the IX – early Xth centuries observed in Japan during the period of the “Medieval Warm Period”. Broad-leaved trees in the forests then met more often than during the warming of the second half of the XIV–XVth centuries and modernity. Anthropogenic changes in the XXth century led to the spread of open landscapes with bamboo thickets in southwestern Sakhalin and the predominance of birch in the vegetation cover.

Keywords: landscape-climatic change, radiocarbon dating, pollen assemblage, diatoms, sea coast, lacustrine sediments, peat bog

Для цитирования: Микишин Ю.А., Горбунов А.О., Гвоздева И.Г., Черепанова М.В. Палеоклиматы, растительность и геохронология ландшафтно-климатических изменений на побережье юго-западной окраины Сахалина в среднем–позднем голоцене. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 218–236. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.218-236>; <https://www.elibrary.ru/bxuwrx>

For citation: Mikishin Yu.A., Gorbunov A.O., Gvozdeva I.G., Cherepanova M.V. Palaeoclimates, vegetation and geochronology of landscape-climatic evolution on the coast of the south-western margin of Sakhalin in the Middle–Late Holocene. *Geosistemy perexodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 218–236. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.218-236>; <https://www.elibrary.ru/bxuwrx>

Благодарности и финансирование

Авторы выражают благодарность А.Ю. Петрову (Институт наук о Земле СПбГУ) за проведение радиоуглеродного датирования отложений. Также мы благодарим рецензентов за конструктивные замечания, позволившие улучшить рукопись.

Acknowledgements and Funding

The authors are grateful to Alexei Yu. Petrov (Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University) for radiocarbon dating of the sediments. We also thank the Reviewers for their constructive comments, which allowed us to improve the manuscript.

Введение

Юго-западная окраина Сахалина, протянувшаяся от перешейка Поясок к мысу Крильон на 230 км, характеризуется наиболее теплым на острове климатом. Благодаря этому широколиственные деревья в ее лесах встречаются чаще, чем в других частях острова. Ландшафтно-климатические изменения, происходившие на этой территории в голоцене, издавна представляли большой интерес для палеогеографии. Черемшанский торфяник (разрез «Черемшанка»), лежащий на ее северной границе (рис. 1), был одним из первых на юге острова, изученных спорово-пыльцевым и диатомовым анализами [1, 2]. Исследование выявило 4 фазы развития растительности в голоцене: березовых и широколиственных лесов с примесью ели и пихты (1), елово-пихтовых, березовых и широколиственных лесов (2), березовых и пихтово-еловых лесов, в которых почти в два раза уменьшилась роль широколиственных

деревьев (3), ольховых, березовых и еловых лесов с участием широколиственных пород (4). Они отвечали значительным, продолжительностью до первых тысяч лет, изменениям природы. Их хронология, ввиду отсутствия определений абсолютного возраста, была сопоставлена со схемой климатических колебаний в голоцене Японии: первая и вторая фазы связывались с оптимумом голоцена, третья и четвертая, соответственно, с более поздним похолоданием и современной эпохой [1, 2].

Повторное палеоботаническое изучение Черемшанского торфяника (разрезы «Пензенский I–III»), с широким применением радиоуглеродного датирования, выявило в голоцене юго-запада острова сложную смену ландшафтно-климатических изменений, с периодичностью не более нескольких сот лет [3, 4]. Наиболее раннее из них относилось к середине бореального периода голоцена, несмотря на удревленную дату около 9100 радиоуглерод-

ных лет назад (далее л.н.), отвечающих 10 300 календарным годам (далее к.л.н.). В климатических условиях заметно теплее и относительно суше современных развивались березово-ореховые леса (*Betula–Juglans*), служащие южным вариантом растительности раннеголоценового термического максимума, установленного в палеоклиматической истории северного Сахалина [5]. Темнохвойная тайга имела меньшее значение по сравнению с современным рас-

пространением. В раннюю и среднюю фазы атлантического периода, в оптимальных климатических условиях голоцена, многопородные широколиственные леса получили максимальное развитие на юго-западе острова. Вначале распространялись орехово-дубовые, затем преимущественно дубовые леса, в которых орех встречался чаще ильма. Подчиненную роль играли смешанные сообщества с преобладанием берез и небольшой примесью ели и пихты. Участие темнохвойных деревьев в растительности немного усилилось лишь в первой половине средней фазы периода. Ослабление роли широколиственных деревьев, развитие ольхово-березовых и, вероятно, смешанных лесов с малым участием темнохвойных пород отразило наступление более холодных и сухих климатических условий второй половины среднего атлантика. Исследования последних лет [6] установили их принадлежность к началу позднего атлантика: 6000–5900 л.н. / 6900–6700 к.л.н. Поздняя фаза атлантического периода отличалась частой сменой короткопериодических ландшафтно-климатических изменений. Около 5600 л.н. / 6500–6300 к.л.н., в условиях похолодания и усиления влажности климата, распространились елово-пихтовые леса с примесью широколиственных пород.

Интенсивное потепление около 5600–5300 л.н. / 6400–6100 к.л.н. привело к первенству широколиственных лесов с преобладанием дуба и ослаблению роли темнохвойных деревьев. Кратковременное похолодание и увлажнение климата (вероятно, около 5300 л.н. / 6100 к.л.н.), сопоставимое с современными климатическими условиями, вновь отозвалось распространением темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород. Интенсивное потепление климата в конце атлантического периода, около 5300–4700 л.н. / 6100–5500 к.л.н., привело к восстановлению широколиственных лесов с преобладанием дуба и ослаблению роли хвойной растительности.

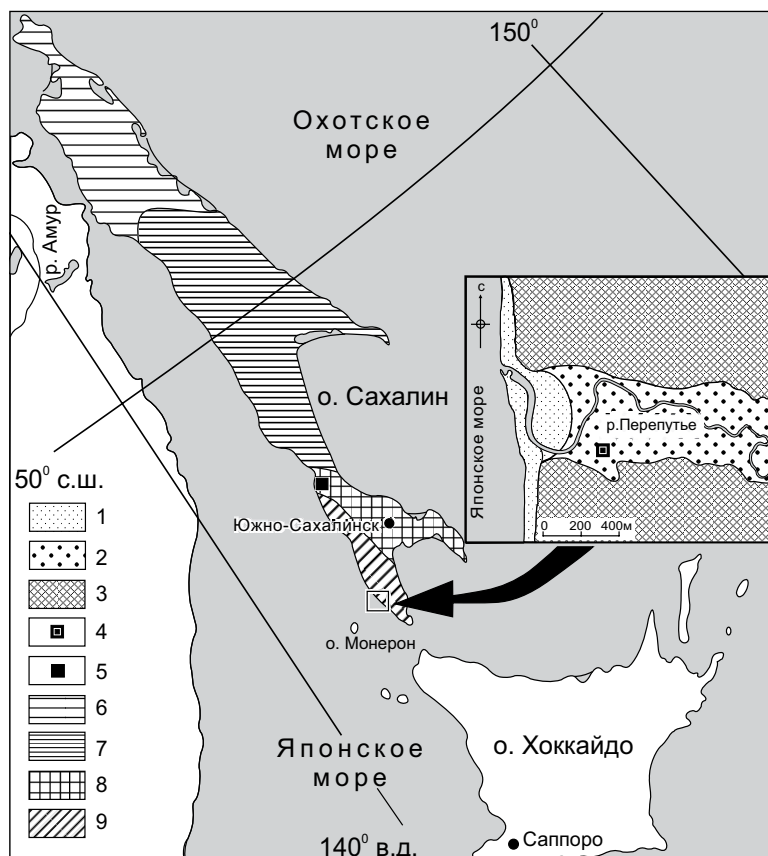


Рис. 1. Расположение изученных разрезов голоцена юго-западной части о. Сахалин.

Рельеф: 1 – пляж и низкая морская аккумулятивная терраса, 2 – речная аккумулятивная терраса, 3 – холмистое подножье прибрежного низкогорья; 4 – разрез «Перепутье», изученный авторами данной статьи; 5 – разрезы, изученные ранее другими авторами: «Черемшанка» [1, 2], «Пензенский I–III» [3, 4]. Геоботаническое районирование о. Сахалин [18]: 6 – подзона лиственных лесов, 7 – подзона зеленомошных темнохвойных лесов с преобладанием ели, 8 – подзона темнохвойных лесов с преобладанием пихты, 9 – подзона темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород.

Fig. 1. Location of the studied sections of the Holocene in the southwestern part of Sakhalin Island.

Relief: 1 – beach and low marine accumulative terrace, 2 – river accumulative terrace, 3 – hilly foothills of coastal low mountains; 4 – the Pereput'e section, studied by the authors of this article; 5 – sections previously studied by other authors: Cheremshanka [1, 2], Penza I–III [3, 4]. Geobotanical zoning of Sakhalin Island [18]: 6 – subzone of larch forests, 7 – subzone of green moss dark coniferous forests with a predominance of spruce, 8 – subzone of dark coniferous forests with a predominance of fir, 9 – subzone of dark coniferous forests with an admixture of broad-leaved species.

Умеренное потепление около 4100–4000 л.н. / 4600–4400 к.л.н., наступившее после раннесуббореального минимума (отмеченного, вероятно в начальной стадии, ослаблением роли широколиственных и ростом участия темнохвойных пород), превышало современный климатический уровень, что видно по усилению роли широколиственных деревьев. Мелколиственные и, вероятно, смешанные леса доминировали над темнохвойной тайгой.

Значительное потепление в первой половине средней фазы суббореального периода (3900 л.н. / 4400–4300 к.л.н.) привело к очередной экспансии широколиственных лесов с преобладанием дуба и редкой встречаемости темнохвойных пород. Похолодание и увлажнение климата во второй половине фазы вызвало максимальное в голоцене распространение темнохвойной тайги.

Климатические условия, лишь немного превышавшие современные по теплообеспеченности и близкие к ним по влажности, установились 3200–3000 л.н. / 3500–3100 к.л.н. Они определили развитие мелколиственных и пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород. Вторая половина поздней фазы суббореального периода 2800–2700 л.н. / 3000–2800 к.л.н.) отличалась значительным потеплением, вызвавшим распространение широколиственных лесов.

Начало субатлантического периода (2450–2300 л.н. / 2500–2300 к.л.н.) по теплообеспеченности приближалось к современным условиям, но превышало их по влажности климата, что видно по большему участию в растительности темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород. Во вторую половину ранней фазы периода они сменились широколиственными лесами с преобладанием дуба, фиксирующими очередное улучшение климата, сравнимое с позднесуббореальным.

Похолодание в начале среднего субатлантика (1900–1750 л.н. / 1800–1700 к.л.н.), снизившее климатические показатели до современного уровня, обеспечило доминирование в растительности темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород. Кратковременное потепление и относительное иссушение климата около 1500 л.н. / 1450 к.л.н. отмечено распространением широколиственных лесов и малым участием темнохвойных пород, вероятно лишь в составе смешанных

лесов. Похолодание и увлажнение климата около 1400 л.н. / 1500–1400 к.л.н. привело к экспансии темнохвойной тайги с меньшей ролью широколиственных деревьев, чем в современных древостоях.

Значительное потепление во второй половине среднего субатлантика (VIII–X вв.) отозвалось кратковременной вспышкой распространения широколиственных лесов, сильно потеснивших темнохвойную тайгу.

Наращение влажности во время позднесредневекового улучшения климата (700–600 к.л.н.) определило развитие темнохвойных лесов с участием широколиственных пород. Похолодание последней фазы «малого ледникового периода» (600–200 к.л.н.) усилило позиции тайги и сократило присутствие широколиственных деревьев, встречавшихся в 2–3 раза реже, чем в современной растительности.

Дальнейшие палеогеографические исследования на юге острова [6, 7–9], как и результаты изучения короткопериодических ландшафтно-климатических изменений в голоцене [10–13], показывают, что в отложениях Черемшанского торфяника отразились не все события средней части периода. Также, возможно, оказались скрыты и некоторые эпизоды в истории позднего голоцена, обнаруженные сравнительно недавно [14].

С целью уточнения картины ландшафтно-климатических изменений в среднем–позднем голоцене на юго-западной окраине острова было предпринято детальное изучение разреза «Перепутье», лежащего вблизи мыса Крильон (рис. 1). Для достижения этой цели его отложения были опробованы почти в два раза чаще, чем это необходимо при мощности разреза около 2.5 м.

Краткая характеристика района исследований

Рельеф юго-западной окраины о. Сахалин сформирован южными звеньями Западно-Сахалинских гор: среднегорным Южно-Камышовым хребтом, высотой до 1000 м, и низкогорной (200–400 м) Южно-Прибрежной цепью, прилегающей к берегу Японского моря. Холмистое подножие последней, изрезанное узкими долинами малых рек, снижается вблизи морского побережья до 60–120 м. В приустьевой части р. Перепутье, где нами проведено изучение разреза голоценовых отложений, днище до-

лины имеет ширину около 400 м. Большая его часть занята первой надпойменной террасой с ровной заболоченной поверхностью, лежащей на абсолютной высоте около 4 м (рис. 2). Фрагментарно встречается и более высокая аллювиальная терраса, высотой около 8 м. Долина реки отгорожена от моря низкой морской аккумулятивной террасой – пересыпью, шириной которой (вместе с пляжем) достигает 270 м. Поверхность террасы осложнена заросшими дюнами высотой до 7–8 м.

Климатические условия юго-западной окраины Сахалина, как и остальных частей острова, во многом определяются муссонной циркуляцией атмосферы умеренных широт [15, 16]. В период зимней стадии муссона (ноябрь–март) северо-западные ветра приносят с области высокого давления на материке холодный и сухой континентальный воздух. Большая часть теплого периода года (апрель–октябрь) находится под влиянием летнего муссона, с характерными для него ветровыми потоками южных и юго-восточных направлений, доставляющими морские воздушные массы. Они обеспечивают преобладание прохладной и влажной погоды, с частыми дождями и туманами. Муссонная циркуляция в течение всего года нарушается выходом на остров циклонов, в том числе тропических (в конце лета и начале осени), с ливневыми дождями и штормовыми ветрами. Наиболее мягким на острове климатом юго-западная окраина обязана географическому положению в относительно теплом секторе окружающих морей, а также обогревающему действию северной ветви Цусимского течения, заходящей в Татарский пролив [17].



Рис. 2. Приустьевая часть долины р. Перепутье в районе изученного разреза. Вид на речную террасу и правый борт долины.

Fig. 2. Mouth part of the valley of the Pereput'e River in the section area. View of the river terrace and the right side of the valley.

Среднегодовые температуры воздуха достигают максимальных для Сахалина значений 3.9–4.3 °С. Среднемесячные показатели в самом теплом месяце (августе) приближаются к 18 °С, а в наиболее холодном (январе) не опускаются ниже –(9–10) °С. Суммы средних суточных температур воздуха выше 10 °С составляют 1600–1800. За год выпадает примерно 900 мм осадков, две трети из которых приходится на теплый период [15, 16].

Юго-запад острова целиком лежит в пределах подзоны темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород [18] или аналогичного ей «Крильонского флористического района» [19]. Для этих лесов характерно преобладание пихты над елью и частое присутствие тиса. Разнообразные широколиственные породы (дуб, ильм, клен, бархат, диморфант, аралия и др.) принимают здесь наибольшее участие в растительности по сравнению с остальными частями острова. Кроме присутствия в темнохвойной тайге и долинных лесах они образуют на широких песчаных террасах морского побережья (район мыса Слепиковского) самостоятельные, небольшие по площади леса из дуба с примесью клена. Внутри этих лесных массивов островными куртинами может расти пихта сахалинская. Следует отметить, что зональная растительность в настоящее время сохранилась лишь на приводораздельных участках Южно-Камышового хребта. После масштабных вырубок, проводившихся японскими оккупантами в первой половине XX в., лесистость территории южнее г. Холмск снизилась до 50–60 %, а севернее – упала до 25 % [20]. На месте темнохвойной формации развились каменноберезовые бамбуковые леса, редколесья и бамбуковые заросли.

Материал и методы исследования

Разрез «Перепутье» заложен в приустьевой части долины одноименной реки (46°17' 28.1" с.ш., 141°53'50.5" в.д.), в 450 м от Японского моря, на поверхности аллювиально-озерной террасы абсолютной высотой около 4 м (рис. 1). Полевое изучение разреза проведено в марте 2017 г. и дополнено в августе 2018 г. Отложения опробованы грунтовым пробоотборником – «геослайсером». Сверху вниз в разрезе вскрыты следующие слои, в см:

0–4 – торф травяной, слабо разложившийся, темно-бурого цвета;
 4–16 – торф травяной, среднеразложившийся, темно-бурого цвета, с прослоем сфагнового торфа на глубине 8–12 см;
 16–69 – торф травяной, сильно разложившийся, от черновато-бурого до черного цвета, песчанистый;
 69–114 – торф травяной, среднеразложившийся, песчанистый, темно-бурого цвета, с прослоями песчанистого суглинка серого и серовато-бурого цвета мощностью 0.5–4 см с растительным детритом;
 114–129 – торф травяной, среднеразложившийся, песчанистый, темно-бурого цвета;
 129–153 – торф низинный тростниковый, среднеразложившийся, глинистый, темно-бурого цвета, с прослоями суглинка серого цвета мощностью 2–5 см, с включением растительного детрита;
 153–264 – глина мягкопластичной консистенции, от серовато-бурого до светло-серого цвета, обогащенная органическим веществом и включением многочисленных маломощных (2–3 мм) прослоев растительного детрита (состоящего в основном из стеблей и листьев тростника и осоки), не выдержанных по простиранию, коричневого, реже черного цвета. В интервале 165–166 см – горизонт мелко-среднезернистого песка мощностью 3–7 мм.

Отложения разреза изучены спорово-пыльцевым, диатомовым и радиоуглеродным анализом. Состав пыльцы и спор исследован в 76 образцах, отобранных с шагом 2–3 см. Из верхних слоев торфа (0–57 см) произведен сплошной отбор образцов. Обработка проб выполнялась по стандартной методике, с кипячением в щелочи и двукратным обогащением в тяжелой калиево-кадмиевой жидкости [21]. В препаратах насчитывалось от 500 до 1150 микрофоссилий, из них от 260 до 560 принадлежали пыльце древесных пород. В общем составе спорово-пыльцевых спектров роль пыльцы деревьев и кустарников, фригидных кустарников (кедровый стланик, ольховник и кустарниковые березы), трав и кустарничков, а также спор оценивалась от всего количества обнаруженных микрофоссилий. Процентное участие таксонов в спектрах подсчитывалось отдельно в группах пыльцы древесных пород, травянистых растений и спор. Реконструкция палеорастительности выполнялась на основе соответствия состава субфоссильных спорово-

пыльцевых комплексов современному растительному покрову Сахалина [22].

Диатомовым анализом изучено 23 образца отложений, в 12 из которых створки диатомовых водорослей не были обнаружены. Обработка проб осуществлялась с использованием пирофосфата, перекиси водорода и двукратного обогащения в тяжелой жидкости [23]. В изученных препаратах подсчитывали от 108 до 379 створок, в зависимости от их концентрации в осадках. Систематика и эколого-географическая характеристика водорослей приведена на основе данных литературных источников [24–30]. Под экологической структурой палеосообществ диатомей понимался состав и соотношение представителей разных экологических групп. Участие таксонов в палеосообществах оценивалось следующим образом: доминанты (содержание >15 %), субдоминанты (10–15 %), массовые (>5 %), часто встречающиеся (3–5 %), обычные (1–2 %), единичные (<1 %). Для построения диатомовой диаграммы и выделения диатомовых зон использовалась программа Tilia [31].

Радиоуглеродный возраст отложений определен в лаборатории «Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов и Мирового океана» Института наук о Земле СПбГУ, где было получено девять датировок (табл. 1). Калибровка дат выполнена в программе “OxCal 4.2”, с использованием кривой “IntCal 13” [32].

Стратиграфическое расчленение отложений проведено в соответствии со схемой периодизации голоцена Блитта–Сернандера, модифицированной для Северной Евразии [33].

Результаты исследования

Радиоуглеродный анализ. Накопление озерных отложений нижней части разреза происходило в самом конце атлантического периода голоцена, о чем свидетельствует радиоуглеродная дата 4600 л.н. / 5300 к.л.н. из перекрывающего их торфа (см. таблицу). Две даты из озерной пачки (с глубины 202–205 и 185–186.5 см), имеющие одинаковый, около 3700 л.н. / 4100 к.л.н., возраст, менее надежны. Они омоложены на величину не менее тысячи лет, что подтверждается более древним возрастом вышележащего слоя торфа. Инверсия радиоуглеродных дат в сторону омоложения, полученная при определении возраста по растительному детриту, накапливавшемуся в озерных условиях, следовательно,

сравнима с таковой (1–2 тыс. лет) для нижних, обводненных горизонтов торфяников [34].

Средняя часть разреза (100–145 см), сложенная торфом с прослоями пойменных отложений, формировалась в середине суббореального периода голоцена, после первого длительного перерыва в осадконакоплении. Он продолжался не менее 800 лет, во время значительного похолодания раннего суббореала [7, 35, 36] и начального потепления средней фазы периода [6], что подтверждается датировкой 3760 л.н. / 4130 к.л.н. из низов слоя (см. таблицу). Дата из кровли этого слоя, около 4000 л.н. / 4400 к.л.н., явно удревнена, скорее всего на 500–600 лет. Удревнение радиоуглеродных дат на величину от нескольких сот до тысячи и более лет ранее уже отмечалось для торфяников юго-западной и северной частей Сахалина [3, 37].

Формирование верхней части разреза (0–100 см) началось после второго значительного перерыва, длительностью свыше 1000 лет, охватившего конец суббореального и начало субатлантического периодов голоцена. Торфонакопление возобновилось лишь в середине субатлантического периода, около 1700–1500 л.н. / 1700–1450 к.л.н. (более древний возраст его начала, примерно на 100 лет превышающий показание даты с глубины 73–75 см, вполне допустим, учитывая время, необходимое для накопления нижележащего слоя в интервале 75–100 см). В дальнейшем оно продолжалось в основном лишь в первой половине поздней фазы периода, 800–500 л.н. / 700–550 к.л.н. (см. таблицу).

Спорово-пыльцевой анализ. На спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 3) выделяются следующие спорово-пыльцевые комплексы (СПК).

1. СПК “Per-1” (интервал 145–264 см). Общий состав комплекса указывает на небольшое преимущество лесных ландшафтов над открытыми пространствами, занятыми лугами. Среди древесных пород доминирует пыльца широколиственных деревьев (35–51 %). Ведущую роль в ней играют дуб (21–35 %), ильм (4–12 %) и орех (до 6 %). На остальные таксоны в сумме приходится от 1 до 6 %, причем содержания в 2 % достигают только граб и лещина, 1 % – липа и некоторые представители семейства аралиевых, кроме самой аралии, которая с ясенем, бархатом, калиной и буком (*Fagus*) встречается в количестве менее 1 %. Пыльца мелколиственных деревьев, большей частью представленная березами (12–27 %), занимает второе место. Немного уступают им темнохвойные породы с одинаковой, в среднем, ролью как пихты (3–24 %), так и ели (5–18 %). Присутствие пыльцы других хвойных деревьев незначительно: сосна (*Pinus* sgen. *Diploxylon*) – до 3 %, лиственница – до 0.3 %, криптомерия (*Cryptomeria*) – 0.1 %. Фригидных кустарников – ольховника и кедрового стланика – немного (2–15 %). Пыльца трав представлена осоками, реже разнотравьем, злаками, полынью и розоцветными. В небольшом количестве, почти постоянно, встречается пыльца водных растений. Среди спор господствуют папоротники Polypodiaceae и *Osmunda*, плауны отмечаются реже (9–16 %).

Таблица. Радиоуглеродные датировки отложений разреза «Перепутье»

Table. Radiocarbon dating of the sediments of the Pereput'e section

Разрез, координаты	Лабораторный №	Глубина отбора, см	Материал	Возраст образца	
				радиоуглеродный, л.н.	календарный, к.л.н.
«Перепутье», 46°17'28.1"с.ш., 141°53'50.5"в.д.	ЛУ-9365	202–205	Растительный детрит	3710±180	4080±250
	ЛУ-9364	185–186.5	То же	3700±110	4060±160
	ЛУ-8628	145–153	Торф	4600±80	5290±150
	ЛУ-9367	133–135	– « –	3760±50	4130±90
	ЛУ-8629	100–107	– « –	3980±130	4450±200
	ЛУ-9366	73–75	– « –	1580±100	1490±100
	ЛУ-8630	47–55	– « –	1540±100	1450±100
	ЛУ-8631	23–31	– « –	530±90	550±80
«Перепутье-2», там же	ЛУ-8632	22–32	Торф	760±140	730±120

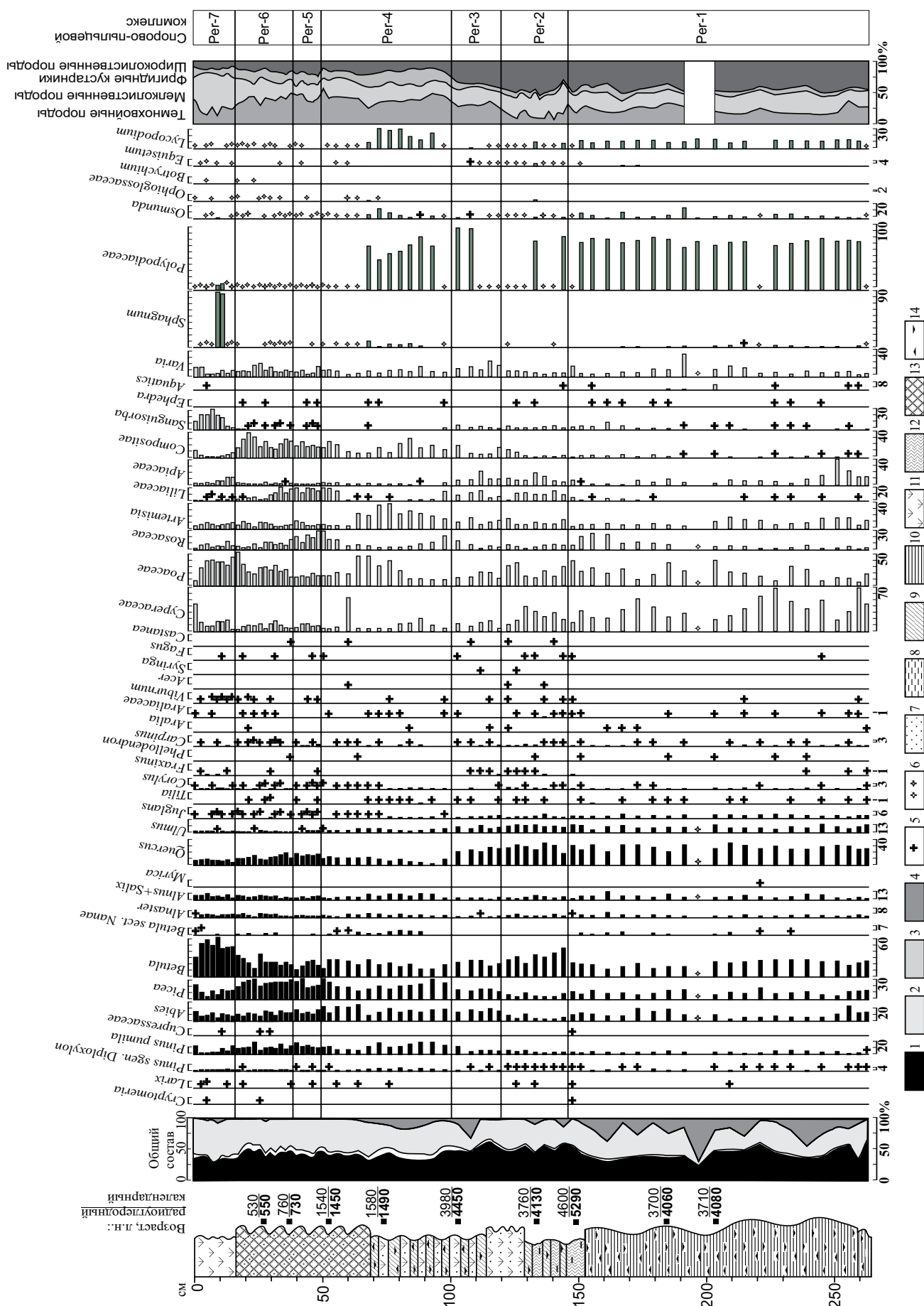
2. СПК “Per-2” определен на глубине 120–145 см. Общий состав пыльцы комплекса отражает равные позиции лесной и луговой растительности. В составе пыльцы древесных пород сохраняется преимущество тех же широколиственных деревьев, что и в предыдущем комплексе: дуб (18–35 %), ильм (7–13 %) и орех (1–6 %). Среди остальных таксонов чаще встречаются лишь граб и лещина (до 3 %), реже – ясень и некоторые аралиевые (до 1 %). Липа, аралия, бархат, калина, клен, сирень, бук и каштан (*Castanea*) присутствуют в количестве менее 1 %. Усиливается роль берез (21–46 %), в меньшей степени – ольхи и ивы. Значение темнохвойных пород снижается в среднем почти в два раза, причем в равной степени как пихты (до 3–11 %), так и ели (до 4–12 %). Содержание фригидных кустарников остается незначительным (4–10 %). Среди пыльцы травянистых растений осоки уступают первое место разнотравью с преобладанием семейств лилейных и зонтичных. Споры по-прежнему образованы папоротниками Polypodiaceae, намного реже – Osmunda и Ophioglossaceae, а также плаунами (8–11 %). Постоянно фиксируются споры хвощей (до 4 %).

3. СПК “Per-3” (100–120 см) имеет общий состав, указывающий на преобладание в ландшафтах лесопокрытых территорий. Среди древесных пород наблюдается ослабление ведущей роли пыльцы широколиственных пород, с прежним сочетанием как основных (дуб 21–28 %, ильм 6–11 %, орех 1–4 %), так и реже встречающихся (лещина, граб и ясень, до 1–2 %) таксонов. Остальные (липа, аралия, аралиевые, клен, калина, бук и каштан) отмечаются в количестве менее 1 %. На второе место в комплексе выдвигаются темнохвойные породы, роль пыльцы которых возрастает более чем в 2 раза, при сохранении равных долей пихты (12–19 %) и ели (12–16 %). Немного уступают им мелколиственные деревья, почти полностью представленные березами (17–26 %). Слегка подрастает встречаемость фригидных кустарников, в основном кедрового стланика (4–12 %). В группе пыльцы трав на фоне усиления роли разнотравья и полыни происходит снижение присутствия осоковых (почти в 3 раза) и в меньшей степени злаковых. Среди спор господствуют папоротники, почти полностью принадлежащие семейству Polypodiaceae. Хвощи и плауны фиксируются только в нижней половине слоя.

4. Состав СПК “Per-4” (49–100 см) фиксирует выравнивание роли лесной и луговой растительности. Среди пыльцы древесных пород начинают доминировать темнохвойные деревья (24–56 %), с небольшим преимуществом ели над пихтой. Из других хвойных пород заметно чаще (2–5 %) фиксируется сосна (*Pinus* sgen. *Diploxylon*). Мелколиственные породы сохраняют прежнее второе место. Заметно подрастает доля пыльцы фригидных кустарников, чаще представленная кедровым стлаником (6–19 %), нежели ольховником и кустарниковой березой. Широколиственные породы, по сравнению с предыдущим комплексом, сократили присутствие более чем в 2 раза, переместившись на последнее место (10–22 %). При этом содержание пыльцы ильма сократилось в среднем в 2 (0.3–6 %), дуба – почти в 3 раза (2–13 %). Из остальных широколиственных чаще встречались граб (до 2 %) и липа (до 1 %). Орех, лещина, аралиевые, калина, клен, бук и каштан отмечаются в количестве менее 1 %. Состав пыльцы трав показывает рост содержания полыни, злаковых и розоцветных на фоне ослабления разнотравья. Среди спор снижается участие папоротников, по-прежнему лидирующих в комплексе, и возрастает – плаунов, получивших максимальное развитие (10–32 %). Почти постоянно начинают фиксироваться сфагновые мхи, дотоле отсутствовавшие в спектрах.

5. СПК “Per-5” (39–49 см) имеет незначительный по мощности горизонт. Состав СПК отражает доминирование в ландшафтах луговой растительности. Среди пыльцы древесных пород наблюдается близкое к предыдущему комплексу соотношение основных групп: лидируют темнохвойные (34–46 %) с преимуществом ели над пихтой, уступают им мелколиственные деревья (14–32 %) с преобладанием берез. Роль пыльцы широколиственных пород возросла. Дуб стал отмечаться в среднем почти в 2 раза чаще (14–18 %), а ильм (до 3 %), как и граб (до 2 %), реже. Фригидные кустарники вновь переместились на последнее место в комплексе (12–21 %). Состав пыльцы трав показывает усиление роли разнотравья с преобладанием сложноцветных и лилейных и семейства розоцветных. Участие осоковых, злаковых и особенно полыни снизилось.

6. Общий состав СПК “Per-6” (16–39 см) указывает на небольшое преимущество в ландшафтах лесной растительности над луговой.



Среди пыльцы деревьев и кустарников ослабевает роль темнохвойных пород (29–48 %), чаще представленных елью и, единично, криптомерией. Возрастает роль мелколиственных пород (19–45 %). Участие пыльцы широколиственных деревьев снизилось в среднем до 15 %, выравниваясь с долей фригидных кустарников. При этом встречаемость дуба сократилась примерно в 1.5 раза (8–16 %), как и ильма (0.6–3 %). Из остальных таксонов (лещина, липа, ясень, бархат, граб, аралиевые, калина, бук, каштан) лишь первый имеет содержание в 1 %. Пыльца травянистых растений в основном представлена сложноцветными, в меньшей степени – злаковыми, розоцветными, осоковыми и полынью.

7. СПК “Per-7”, содержащийся в верхнем слое разреза (0–16 см), демонстрирует сокращение роли древесной и максимальное развитие – луговой растительности. Более половины спектра пыльцы деревьев и кустарников (37–68 %) занимают мелколиственные породы с преобладанием берез. Значение пыльцы темнохвойных пород сильно ослабевает (12–37 %). Участие пыльцы фригидных кустарников, как и широколиственных деревьев, снижается в меньшей степени, до 10–11 %. Среди первых чаще отмечается кедровый стланик, среди вторых – дуб (4–9 %). Пыльца травянистых растений показывает почти равное значение разнотравья (с доминированием кровохлебки, характерной травы олуговелых пространств юга острова, возникших на месте вырубленных темнохвойных лесов) и злаков. Споры фиксируют преимущество сфагновых мхов.

Диатомовый анализ. Диатомовая флора представлена 101 видом и внутривидовыми таксонами, относящимися к пресноводной, пресноводно-солонатоводной, озерной, болотной, планктонной, тихопланктонной и бентосной экологическим группам. На основе смены доминирующих таксонов диатомей, соотношения представителей разных экологи-

ческих групп и изменения концентрации их створок, выделены четыре диатомовые зоны (DZ) (рис. 4).

1. В осадках DZ-1 (258–250 см) отмечена самая высокая концентрация створок диатомовых водорослей. Доминирующую группу формируют тихопланктонные виды, проводящие часть жизненного цикла в прикрепленном состоянии, другую – в планктоне: *Staurosira venter* (до 42 %) и *Pseudostaurosira brevistriata* (до 13 %). Озерная тихопланктонная *Ulnaria ulna* (до 8 %) и болотная, возможно, аэрофильная *Pinnularia* aff. *humilis* (до 6 %) диатомеи являются массовыми, а планктонный *Stephanodiscus minutulus* (1 %) – обычным видом.

2. Отложения DZ-2 (250–200 см), как и последующих зон, отличаются снижением концентрации и сохранности створок диатомей. Доминирующую группу в комплексе образуют пресноводные тихопланктонные формы *Staurosira venter* (10–50 %) и *S. construens* (1–31 %), а также бентосная *Navicula peregrina* (20–22 %), с высокими оценками обилия встречающаяся в водоемах береговой зоны морей и эстуариях рек [38–40], способная переносить соленость до 9 ‰ [41]. Болотная *Pseudostaurosira brevistriata* и бентосная озерная *Navicula rhynchocephala* (до 11 % каждая) являются субдоминантами, а *Pinnularia* aff. *humilis* (до 8 %), болотная *P. persudetica* (до 7 %), бентосная пресноводно-солонатоводная *Navicula digitoradiata* (5–7 %) – массовыми видами. Часто встречающиеся диатомеи представлены пресноводными тихопланктонными *Staurosirella pinnata* (3–4 %), *Ulnaria ulna* (до 3 %), планктонными *Aulacoseira granulata* (до 4 %) и *A. alpigena* (до 3 %), а также бентосной *Cosmioneis pusilla* (3–6 %). Невысокое присутствие пресноводного планктонного *Stephanodiscus hantzschii* (до 2 %), а также солонатоводных обитателей лагун и литорали морей: бентосной *Pinnunavis yarrensii*

Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза «Перепутье».

Пыльца и споры: 1 – пыльца деревьев и кустарников, 2 – пыльца фригидных кустарников, 3 – пыльца трав и кустарничков, 4 – споры, 5 – содержание пыльцы и спор менее 1 %, 6 – процент не подсчитан из-за малого числа обнаруженных зерен пыльцы и спор. Литология: 7 – песок, 8 – алеврит, 9 – суглинок, 10 – глина, 11 – торф травяной, среднеразложившийся, 12 – торф низинный тростниковый, среднеразложившийся, 13 – торф травяной, сильно разложившийся, 14 – маломощные прослойки растительного детрита.

Fig. 3. Pollen diagram of the sediments of the Pereput'e section.

1 – pollen of trees and shrubs, 2 – pollen of frigid shrubs (*Pinus pumila*, *Betula* sect. *Nanae*, *Alnaster*), 3 – pollen of grasses and little shrubs, 4 – spores, 5 – content of pollen and spores is less than 1 %, 6 – percentage is not estimated due to the small number of pollen and spore grain. Lithology: 7 – sand, 8 – silt, 9 – loam, 10 – clay, 11 – medium decomposed herbaceous peat, 12 – medium decomposed lowmoor reed peat, 13 – strongly decomposed herbaceous peat, 14 – thin layers of plant detritus.

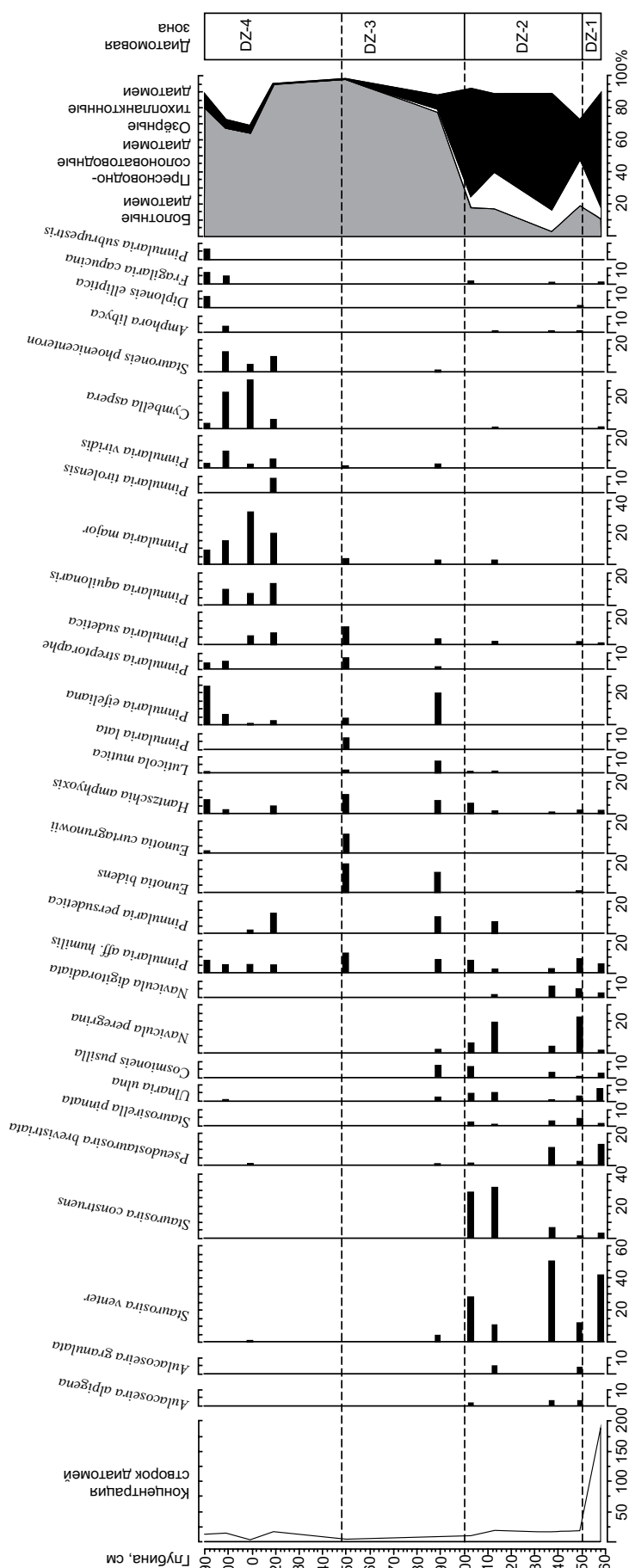


Рис. 4. Диатомовая диаграмма отложений разреза «Перепутье».
Fig. 4. Diatom diagram of the sediments of the Pereput'e section.

(1–1.5 %) и планктонной *Thalassiosira bramauputae* (до 2 %) – позволяет отнести их к обычным для данного комплекса.

3. В комплексе DZ-3 (200–150 см) доминируют болотные диатомеи *Pinnularia eifeliana* (до 19 %) и *Eunotia bidens* (до 18 %). Субдоминантами являются также болотные виды *Eunotia curtagrunowii* (до 12 %), *Pinnularia sudetica* (до 11 %) и *P. aff. humilis* (до 13 %), а массовыми – аэрофильные таксоны *Hantzschia amphioxys* (до 11 %) и *Lenticula mutica* (до 7 %), болотные *Pinnularia persudetica* (до 10 %), *P. lata*, *P. streptoraphe* (до 7 % каждая).

4. В зоне DZ-4 (150–90 см) также преобладают диатомеи болотной экологической группы: *Pinnularia major* (9–32 %), *P. eifeliana* (1–24 %) и *Cymbella aspera* (2–30 %), некоторые из них могут обитать в мелководной зоне озер и даже в почвах: *Pinnularia aquilonaris* (6–13 %), *P. persudetica* (2–12 %), *P. viridis* (3–10 %) и *Stauroneis phoenicenteron* (5–13 %). Массовые таксоны слагаются из диатомей, живущих в болотах и на дне озер: *Pinnularia tirolensis* (до 8 %), *P. aff. humilis* (4–8 %), *P. sudetica* (5–7 %), *P. subrepens* (до 6 %), *Hantzschia amphioxys* (2–8 %), *Diploneis elliptica* (до 7 %), *Eunotia praerupta* (до 7 %), *Fragilaria capricornata* (4–7 %).

Обсуждение результатов

Нижняя часть разреза «Перепутье» запечатлела развитие небольшого пресноводного водоема, относящегося к береговым озерам барьерного типа. Такие озера формировались на побережьях морей юга Дальнего Востока в среднем голоцене при блокировании устьевых зон рек прибрежно-морскими наносами во время послеледниковой трансгрессии океана [35, 36,

42, 43]. Возникновение озера в приустьевой зоне р. Перепутье, скорее всего, произошло около 5000 л.н., на позднеатлантическом пике послеледниковой трансгрессии Японского моря, достигавшей на западном побережье Сахалина высоты 3 м [36]. Вторжение морских вод в долину р. Перепутье при этом, судя по ширине низкой морской террасы, приближалось к 300 м. Озерный водоем, сформировавшийся при этом вблизи палеобереговой линии, вряд ли превышал 100–300 м в поперечнике, учитывая ширину долины. На последнем этапе эволюции, запечатленном отложениями разреза, его глубина, скорее всего, составляла первые метры. Регулярные вторжения речных вод поставляли в него алеврито-пелитовые, реже песчаные осадки. Минеральное осадконакопление дополнялось поступлением растительного детрита, как тонкодисперсного, так и более грубого, образующего маломощные прослойки (рис. 5). Судя по мощности глинистых слоев, скорость накопления отложений колебалась от 1–2 до нескольких сантиметров в год. Поэтому метровая пачка глин в озере накопилась быстро, возможно за период не более 100 лет. Озеро было пресным и не имело водообмена с морем, о чем свидетельствует состав обитавших в нем диатомовых водорослей. В то же время заметная доля пресноводно-солончатых таксонов говорит о небольшом осолонении водоема во время формирования нижнего (200–250 см) горизонта осадков. Поступление солей в озеро происходило в результате аэрозольного переноса и, вероятно, волновых заплесков во время сильных штормов. Не исключена также и фильтрация морской воды в озеро через песчаный береговой бар во время ветровых нагонов. Это подтверждает непосредственную близость озера к Японскому морю, уровень которого превышал современный не менее чем на 2–2.5 м, судя по абсолютной высоте кровли озерных отложений. В дальнейшем, при накоплении верхнего горизонта отложений (150–200 см), осолонение водоема прекратилось, что видно по доминированию в нем болотных диатомей. На этой стадии, из-за активного нарастания песчаного барьера, озеро отделилось от моря.

Заполнение озерной котловины речными наносами завершилось около 4600 л.н. / 5300 к.л.н., о чем свидетельствует накопление низинного торфа, начавшееся сразу после осушения водоема. В пользу этого однозначно говорит однотипный состав спорово-пыльцевых

спектров из озерных глин и перекрывающего их торфа, отразивший близкие позиции в растительности многопородных широколиственных и смешанных лесов. Первые из них, с преобладанием дуба, покрывали холмистое подножье, вторые, с небольшим преимуществом берез над темнохвойными породами, располагались на более возвышенных частях прибрежной низкогорной цепи и Южно-Камышового хребта. Лиственная порода бук, как и хвойная криптомерия (*Cryptomeria*), не принимали участия в растительности, несмотря на присутствие их пыльцы, как было установлено при изучении субфоссильных СПК острова [22]. На низкой надпойменной террасе в долине р. Перепутье, как, вероятно, и других рек юго-запада острова, развивались в основном сырые осоково-тростниковые луга. Климатические условия по теплообеспеченности немного уступали, а по влажности – превосходили существовавшие в оптимуме голоцена Сахалина [6], что видно по меньшему участию в растительности широколиственных деревьев и большей роли темнохвойных пород. Нижняя хронологическая граница события вряд ли превышала 4700 л.н. / 5400 к.л.н., учитывая высокую скорость осадконакопления в палеоозере.

Накопление вышележащего слоя (120–153 см) торфяника возобновилось только в середине суббореального периода. Торфообразование, в основном, шло по низинному типу и неоднократно прерывалось отложением тонких горизонтов пойменных суглинков, фиксирующих как высокие речные паводки, так и половодья в долине реки. Теплообеспеченность климата достигала уровня предыдущего события, а влажность была заметно ниже, что определило меньшую (почти в два раза) роль темнохвойных пород в смешанных лесах низкогорья, которая приблизилась к таковой в оптимуме голоцена [3]. На составе широколиственных лесов, покрывавших прибрежные холмы, снижение влажности не сказалось. Ведущие позиции в них, как и раньше, занимал дуб, в меньшей степени ильм и орех (*Juglans*). Намного реже встречались граб и лещина. Видовое разнообразие составляло не менее 13 таксонов, причем бук и каштан (*Castanea*) не принимали участия в растительности. Сырые осоково-тростниковые луга с хвощами, по-прежнему преобладавшие в речных долинах, сократили занимаемые площади; разнотравные луга, напротив, получили большее распространение. Обнаруженное со-

бытие отвечало времени раннего термического максимума суббореального периода, хронологические рамки которого для юга Сахалина определены в 3700–3400 л.н. / 4000–3600 к.л.н. [9]. Не исключено, что оно началось немного раньше, около 3800 л.н. / 4100 к.л.н., учитывая абсолютную дату из низов слоя.



Рис. 5. Озерные глины с маломощными прослоями растительного детрита (интервал 166–200 см).

Fig. 5. Lacustrine clays with thin layers of plant detritus (interval 166–200 cm).

Формирование болотных отложений в интервале 100–120 см также неоднократно прерывалось накоплением маломощных прослоев пойменного аллювия. Климатические условия стали немного прохладнее и заметно влажнее предыдущих, по-прежнему оставаясь значительно теплее и суше современных обстановок. Широколиственные леса с преобладанием дуба несколько ослабили занимаемые позиции на холмистом подножье, сохранив прежний состав и участие древесных пород. Также там встречались и смешанные леса, шире распространенные на возвышенных участках низкогогорья, где появились самостоятельные массивы темнохвойной тайги. Разнотравные луга господствовали в долинах рек; меньшую роль играли влаголюбивые осоково-тростниковые луга. Обнаруженное событие развивалось в конце суббореального периода, отвечая позднему термическому максимуму на юге острова, хронологические рамки которого определены в 3250–2800? л.н. / 3500–2900? к.л.н. [9]. Судя по большому участию широколиственных деревьев (сумма пыльцы 34–42 %), климат здесь был теплее, чем в остальных районах острова (23–41 %). Этот факт говорит о действии отопляющего эффекта Цусимского течения и свидетельствует, возможно, в пользу позднесуббореального становления современных климатических различий на юге Сахалина.

Накопление отложений на глубине 49–100 см проходило в более холодных и влажных условиях, близких к показателям современного климата. Они определили развитие южно-таежных темнохвойных лесов с примесью широколиственных деревьев. В долинах рек вновь возросла роль осоково-тростниковых лугов и снизилась – разнотравья. На песчаной морской террасе в устьевой части долины распространилась полынь. Обнаруженное событие тяготеет к средней фазе субатлантического периода голоцена, около 1700–1500 л.н. / 1700–1450 к.л.н. На юго-западе острова оно началось 1900 л.н. / 1800 к.л.н. [4] и закончилось, скорее всего, перед наступлением похолодания VI–VII вв., или «Позднеантичного малого ледникового периода» [44]. В режиме осадконакопления преобладали болотные обстановки, что подтверждается, в том числе, и ведущей ролью диатомей соответствующей им экологической группы. Аллювиальные обстановки фиксировались только до 1600 л.н., что, по-видимому, было связано с достижением поверхностью

надпойменной террасы абсолютной высоты 3.8–4.0 м.

В дальнейшем высота паводков (и половодий) не превышала этот уровень, несмотря на период возрастания активности тайфунов на юге Сахалина [45].

Теплообеспеченность климата в первой половине события в полной мере отвечала современной, во второй – слегка ее превышала, что отражено большим участием широколиственных пород в растительности. Но и в этом случае для него был характерен длительный зимний период с устойчивыми отрицательными температурами воздуха, препятствующий развитию хвойного дерева тсуга (*Tsuga diversifolia*). Поскольку была сделана попытка обосновать присутствие этой породы в темнохвойных лесах юго-западного побережья Сахалина 1700–600 л.н. / 1600–600 к.л.н. [14], нами проанализированы условия формирования отложений, содержащих ее пыльцу, и субфоссильные спектры районов современного произрастания. Пыльца тсуги обнаружена в маломощных горизонтах погребенных почв разреза “Arkansas”, в 8 км к северу от г. Чехов (примерно 47°31'16" с.ш., 141°57'30" в.д.). Разрез находится у подножья холма, подверженного активным склоновым процессам, из-за которых почвообразование не менее 4 раз за последние 1700 лет прерывалось накоплением делювиальных суглинков (не охарактеризованных палинологическим анализом). Учитывая, что холм сложен слабо литифицированными среднемиоценовыми породами чеховской и верхнедуйской свит с палеоботаническими находками тсуги [46], становится ясно, что ее пыльца могла быть переотложена. В пользу переотложения свидетельствует полное несоответствие состава спорово-пыльцевых спектров погребенных почв [14] и образцов современных отложений горных массивов Курикома и Хаккода [47], лежащих вблизи северного предела произрастания тсуги на о. Хонсю. Первые из них, с содержанием пыльцы *Tsuga* 5–40 %, отражают растительность южной тайги (много пыльцы ели и пихты, меньше – кедрового стланика и берез, редкое присутствие широколиственных пород). Вторые, с редкими зернами пыльцы *Tsuga*, отвечают развитию хвойно-широколиственного леса теплоумеренного типа (обилие пыльцы разнообразных широколиственных пород с господством бука, участием сосны и криптомерии). Поэтому мнение о попадании пыльцы тсуги в отложения в результате переотложения из дочет-

вертичных пород выглядит намного убедительнее заключений о присутствии этой хвойной породы в голоценовой растительности Сахалина, включая его северо-западную оконечность [48, 49], и лесах о. Хоккайдо с ледникового периода до рубежа в 4000 л.н. [14]. Маловероятным выглядит и расстояние возможной миграции (свыше 700 км) тсуги с о. Хонсю на о. Сахалин за очень короткий отрезок времени, в сочетании с необходимостью форсирования двух морских проливов. Приведенные факты однозначно свидетельствуют против присутствия тсуги в темнохвойных лесах юго-западного Сахалина в середине–конце субатлантического периода.

Маломощный горизонт торфяника в интервале 39–49 см формировался в условиях, превышавших современные по теплообеспеченности и соответствовавших им по влажности климата. Растительность была представлена темнохвойными лесами с примесью широколиственных пород. Рощи и, вероятно, небольшие массивы широколиственных лесов (с преобладанием дуба и, возможно, клена) занимали большие площади, чем в настоящей обстановке. В долинах рек вновь получили развитие разнотравные луга, на песчаных морских террасах – заросли шиповника. Зафиксированное событие происходило в период «Потепления VIII–X вв.», или «Малого оптимума голоцена» [35, 50], отвечая, скорее всего, относительному похолоданию, наблюдавшемуся в Японии в IX или начале X в. [51, 52]. Потепление в оптимальные фазы этого периода достигало уровня поздне-суббореального термического максимума и приводило к распространению широколиственных лесов наряду с ослаблением роли темнохвойной тайги [3].

Приповерхностный интервал торфяника (16–39 см) накапливался в более прохладных условиях по сравнению с предыдущим событием, аналогичным для формирования горизонта 49–100 см. Увлажненность климата почти не изменилась, а термический режим немного превосходил современные показатели, отвечая улучшению климата, установленному на юго-востоке Сахалина для второй половины XIV и XV вв. [35, 53]. В растительности преобладали темнохвойные леса с большей, по сравнению с современной, примесью широколиственных пород. В то же время она была меньше, чем в лесах, развивавшихся во время предыдущего события. Бук и каштан, а также криптомерия среди них, как и раньше, не встречались. В долинах

рек возросло значение осоково-тростниковых и почти не изменилось – разнотравных лугов.

Поверхностный горизонт (0–16 см) торфяника формировался в современных климатических условиях. В растительном покрове березы получили максимальное развитие, возможно, за весь средний–поздний голоцен. Темнохвойные породы в лесах стали встречаться гораздо реже. Лесные территории уступили позиции открытым пространствам с лугами, бамбуковыми зарослями и редколесьями. Резкая смена ландшафтов была вызвана не климатическими, а антропогенными изменениями, связанными со сплошными вырубками лесов в первой половине XX в.

Выводы

Комплексное изучение озерно-болотных отложений на морском побережье юго-западного Сахалина позволило уточнить характер и масштабы ландшафтно-климатических изменений, происходивших в голоцене в течение последних 5400 к.л.н.

1. Значительное, не менее тысячи лет, омоложение радиоуглеродных дат, полученных по растительному детриту, показало его мало пригодным материалом для точного определения возраста озерных отложений. Большинство дат по торфу, напротив, оказалось ближе к их истинному возрасту, что позволило установить время завершения озерной обстановки осадконакопления и хронологию длительных перерывов в формировании болотных отложений верхней половины разреза. Осушение озера произошло в самом конце атлантического периода, около 4600 л.н. / 5300 к.л.н. Первый из длительных перерывов в торфонакоплении охватил ранний суббореал и начало его средней фазы (4600–3800 л.н. / 5300–4100 к.л.н.), второй – конец суббореала и раннюю фазу субатлантического периода (2800?–1700 л.н. / 2900?–1700 к.л.н.).

2. Диатомовый анализ подтвердил озерный генезис отложений нижней пачки разреза, диагностированный по литологическим признакам, и позволил рассмотреть эволюцию небольшого водоема на морском побережье в приустьевой части долины реки. Озеро не имело водообмена с морем, о чем свидетельствует преобладание пресноводных планктонных диатомей. Заметная доля в доминирующей группе диатомей бентосных пресноводно-солонатоводных видов показывает непосредственную близость водоема к Японскому морю. Это по-

могло впервые оценить величину (2–2.5 м) повышения его уровня на юго-западном побережье Сахалина для последних моментов атлантического периода голоцена. На заключительной стадии развития легкое осолонение прибрежного озера прекратилось, на что указывает господство болотных диатомей.

3. На основе детального изучения спорово-пыльцевых спектров отложений выявлены следующие ландшафтно-климатические изменения природы юго-западной окраины Сахалина в среднем–позднем голоцене.

1). Значительное потепление климата на завершении поздней фазы атлантического периода, около 4700–4600 л.н. / 5400–5300 к.л.н., определило близкие позиции в растительности многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба и смешанных ассоциаций. Климат события приближался к условиям оптимума голоцена, уступая им по теплообеспеченности и превышая – по увлажненности.

2). Интенсивное потепление среднего суббореала отвечало раннему термическому максимуму этого периода на юге Сахалина (3800–3400 л.н. / 4100–3600 к.л.н.). По теплообеспеченности оно равнялось позднеатлантическому событию, но было засушливее, почти соответствуя минимальной влажности в оптимуме голоцена острова. В растительности преобладали широколиственные и смешанные леса с малым участием темнохвойных пород.

3). Потепление в конце суббореала соответствовало позднему термическому максимуму периода (3250–2800? л.н. / 3500–2900? к.л.н.). Климат был немного прохладнее и существенно влажнее эпохи раннего термического максимума, что обеспечило появление темнохвойной тайги и ослабило позицию широколиственных лесов. В то же время большая роль в растительности широколиственных деревьев по сравнению с остальными районами говорит о более теплом климате, из-за влияния Цусимского течения. Этот факт, скорее всего, свидетельствует о поздне-суббореальном становлении современных климатических различий на юге Сахалина.

4). В середине субатлантического периода, около 1700–1500 л.н. / 1700–1450 к.л.н., установлено развитие южной тайги современного облика, что позволяет считать его продолжением события с климатом, близким к настоящему, наступившим на юго-западе острова 1900 л.н. / 1800 к.л.н. [4].

5). Впервые обнаружены следы кратковременного эпизода с климатом теплее нынешнего и близкого к нему по условиям увлажнения, отвечающего, скорее всего, похолоданию IX – начала X в. внутри потепления «Малого оптимума». Темнохвойные леса, бывшие основным типом растительности, имели большую, чем в современной южной тайге острова, примесь широколиственных пород.

6). Улучшение климата второй половины XIV–XV вв. уступало по теплообеспеченности предыдущему событию, что отразилось в меньшем участии широколиственных пород в лесной растительности.

7). Разительные изменения в ландшафтах юго-западной части острова в XX в., вызвавшие резкое сокращение лесистости и доминирование берез в растительном покрове, обусловлены антропогенным воздействием.

4. Пыльца *Tsuga diversifolia*, встречаемая японскими палинологами в палеопочвенных горизонтах юго-западного Сахалина, не свидетельствует о ее присутствии в лесах субатлантического периода голоцена. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры районов современного произрастания тсуги отражают иную растительность, превосходящую по климатическим требованиям не только южную тайгу, но и широколиственные леса, развивавшиеся на юге Сахалина во время послеледниковой оптимума. Обоснованным объяснением находок пыльцы тсуги в голоценовых отложениях выглядит только переотложение из дочетвертичных пород.

Список литературы

- Кулаков А.П., Никольская В.В., Федорова Р.В. 1973. О развитии ландшафтов юго-западного Сахалина. *Известия ВГО*, 105(2): 133–141.
- Никольская В.В. 1974. О естественных тенденциях развития физико-географических провинций юга Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 125 с.
- Гвоздева И.Г., Микишин Ю.А. 2008. Стратиграфия и палеогеография голоцена юго-западного Сахалина. *Естественные и технические науки*, 3: 177–183.
- Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G., Orlova L.A. 2009. Basic Holocene section of South West Sakhalin. In: *Environment Development of East Asia in Pleistocene-Holocene (boundaries, factors, stages of Human mastering): Proceedings of Intern. Scientific Conf., Sept. 14–18, 2009, Vladivostok, Russia*. Vladivostok: Dal'nauka, p. 149–152.
- Хотинский Н.А. 1977. Голоцен северной Евразии. М.: Наука, 200 с.
- Микишин Ю.А. 2020. Эволюция ландшафтно-климатических изменений на юге Сахалина в атлантическом периоде голоцена. *Успехи современного естествознания*, 12: 124–131. <https://doi.org/10.17513/use.37548>
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. 2017. Ландшафтно-климатические изменения на юге Сахалина в средне-позднеатлантическое время голоцена. *Успехи современного естествознания*, 12: 207–214. <https://doi.org/10.17513/use.36630>
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. 2018. Следы похолоданий в позднеледниковье и атлантическом периоде голоцена на юге Сахалина. *Успехи современного естествознания*, 3: 107–116. <https://doi.org/10.17513/use.36711>
- Микишин Ю.А., Пушкарь В.С., Гвоздева И.Г. 2020. Палеогеография побережья южного Сахалина в суббореальном периоде голоцена. *Успехи современного естествознания*, 10: 97–107. <https://doi.org/10.17513/use.37497>
- Alley R.B., Agustsdottir A.M. 2005. The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climatic change. *Quaternary Science Reviews*, 24(10–11): 1123–1149. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.12.004>
- Magny M., Leuzinger U., Bortenschlager S., Haas J.N. 2006. Tripartite climate reversal in Central Europe 5600–5300 years ago. *Quaternary Research*, 65(1): 3–19. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.06.009>
- Weninger B., Clare L., Gerritsen F., Horejs B., Kraub R., Linstädter J., Özbal R., Rohling E.J. 2014. Neolithisation of the Aegean and Southeast Europe during the 6600–6000 calBC period of Rapid Climate Change. *Documenta Praehistorica*, 41: 1–31. <https://doi.org/10.4312/dp.41.1>
- Борисова О.К. 2014. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене. *Известия РАН. Серия географическая*, 2: 5–20. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2014-2-5-20>
- Igarashi Y., Karyu Y., Shimokawa K. 2013. An occurrence of pollen *Tsuga* in late Holocene buried soil in southwest Sakhalin. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)*, 52(3): 59–64. <https://doi.org/10.4116/jaqua.52.59>
- Земцова А.И. 1968. *Климат Сахалина*. Л.: Гидрометеиздат, 197 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 34. *Сахалинская область*. 1990. Л.: Гидрометеиздат, 352 с.
- Юрасов Г.И., Яричин В.Г. 1991. *Течения Японского моря*. Владивосток: ДВО РАН, 176 с.
- Толмачев А.И. 1955. *Геоботаническое районирование острова Сахалин*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 78 с.
- Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. 2004. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин. В кн.: *Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Междунар. Сахалинского проекта)*. Владивосток: Дальнаука, ч. 2, с. 67–92.
- Растительность. 1967. В кн.: *Атлас Сахалинской области*. М.: ГУГК, с. 105–112.
- Палеопалинология. Т. 1. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий. 1966. Л.: Недра, 352 с. (Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия; вып. 141).
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. 2009. Субфоссильные спорово-пыльцевые комплексы Сахалина и прилегающих территорий. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 162 с. <https://doi.org/10.17513/np.379>
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). 1974. Т. 1. Практическое руководство. Л.: Наука, 403 с.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 498 с.

25. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986**. *Bacillariophyceae*. Teil 1. *Naviculaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*; 2).
26. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1988**. *Bacillariophyceae*. Teil 2. *Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 536 p.
27. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991**. *Bacillariophyceae*. Teil 3. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
28. Krammer K. **2000**. The genus *Pinnularia*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Gantner Verlag K.G., 1, 703 p.
29. Krammer K. **2002**. *Cymbella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Gantner Verlag K.G., 3, 584 p.
30. Krammer K. **2003**. *Cymboplectra, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Gantner Verlag K.G., 4, 530 p.
31. Grimm E.C. **2004**. *TGView 2.0.2 (Software)*. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center. URL: <https://www.tilait.com>
32. Bronk Ramsey C. **2017**. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(2): 1809–1833. <https://doi.org/10.1017/rdc.2017.108>
33. Хотинский Н.А. **1987**. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена. В кн.: *Новые данные по геохронологии четвертичного периода: К XII конгрессу ИНКВА (Канада, 1987 г.)*. М.: Наука, 39–45.
34. Певзнер М.М. **2015**. *Голоценовый вулканизм Среднего хребта Камчатки*. М.: ГЕОС, 246 с.
35. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **1996**. *Эволюция природы юго-восточной части острова Сахалин в голоцене*. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 130 с.
36. Короткий А.М., Пушкарь В.С., Гребенникова Т.А., Разжигасева Н.Г., Караулова Л.П., Мохова Л.М., Ганзей Л.А., Черепанова М.В., Базарова В.Б., Волков В.Г., Ковалюх Н.Н. **1997**. *Морские террасы и четвертичная история шельфа Сахалина*. Владивосток: Дальнаука, 195 с.
37. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2021**. Ранний–средний голоцен северного Сахалина. *Вестник СВНЦ ДВО РАН*, 1: 50–65. <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2021-1-50-65>
38. Hartley B., Ross R., Williams D.M. **1986**. A check-list of the freshwater, brackish and marine diatoms of the British Isles and adjoining coastal waters. *J. of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66(3): 531–610. <https://doi.org/10.1017/s0025315400042235>
39. Hållfors G. **2004**. Checklist of Baltic Sea phytoplankton species (including some heterotrophic protistan groups). *Baltic Sea Environment Proceedings*, 95, 210 p.
40. Kratesky D.M., Meave D.C., Zamudio E., Norris E., Fredericq S., Tunnell J. **2009**. Diatoms (*Bacillariophyta*) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico origin, waters, and biota*, 1: 155–186.
41. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. **1994**. A coded check-list and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands J. of Aquatic Ecology*, 28(1): 117–133. <https://doi.org/10.1007/bf02334251>
42. Korotky A.M., Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Sulerzhitsky K.A., Lutaenko K.A. **2000**. Middle- and late-Holocene environments and vegetation history of Kunashir Island, Kurile Islands, northwestern Pacific. *The Holocene*, (10)3: 311–331. <https://doi.org/10.1191/095968300667552216>
43. Разжигасева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Ганзей К.С., Кайстренко В.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Рыбин А.В. **2019**. Проявление климатических изменений и природных катастроф в позднем голоцене на юге о. Уруп (Курильские острова). *Вестник СВНЦ ДВО РАН*, 3: 37–53. <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-3-37-53>
44. Buntgen U., Myglan V.S., Ljungqvist F.C., McCormick M., Di Cosmo N., Sigl M., Jungclaus J., Wagner S., Krusic P.J., Esper J. et al. **2016**. Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD. *Nature Geoscience*, 8: 231–237. <https://doi.org/10.1038/ngeo2652>
45. Разжигасева Н.Г., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Горбунов А.О., Пономарев В.И., Климин М.А., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. **2020**. Реконструкция палеотайфунов и повторяемости экстремальных паводков на юге острова Сахалин в среднем–позднем голоцене. *Геосистемы переходных зон*, 4(1): 46–70. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.046-070>
46. Ахметьев М.А. **1993**. *Фитостратиграфия континентальных отложений палеогена и миоцена восточной Азии*. М.: Наука, 143 с.
47. Yasuda Y. **1976**. Early historic forest clearance around the ancient castle site of Tagajo, Miyagi prefecture, Japan. *Asian Perspectives*, 19 (1): 42–58.
48. Igarashi Y., Igarashi T. **1998**. Late Holocene vegetation history in south Sakhalin, northeast Asia. *Japanese J. of Ecology*, 48: 231–244.
49. Igarashi Y., Sagayama T., Higake N., Fukuda M. **2000**. Late Quaternary environmental change in Central and North Sakhalin, Russia. *J. of Geography*, 109(2): 165–173. https://doi.org/10.5026/jgeography.109.2_165
50. Разжигасева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Мохова Л.М. **2014**. Проявления малого оптимума голоцена на юге Дальнего Востока. *География и природные ресурсы*, 2: 124–131.
51. Lamb H.H. **1965**. The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1: 13–37. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(65\)90004-0](https://doi.org/10.1016/0031-0182(65)90004-0)
52. Sakaguchi Y. **1983**. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation. *Bull. of the Department of Geography of the University of Tokyo*, 15: 1–31.
53. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2016**. Поздний субатлантик южного Сахалина. *Успехи современного естествознания*, (9): 137–142. <https://doi.org/10.17513/use.36134>

References

1. Kulakov A.P., Nikol'skaya V.V., Fedorova R.V. **1973**. [On landscape evolution in the southwestern Sakhalin]. *Izvestiya VGO*, 105(2): 133–141. (In Russ.).
2. Nikol'skaya V.V. **1974**. *O estestvennykh tendentsiyakh razvitiya fiziko-geograficheskikh provintsii yuga Dal'nego Vostoka* [On the natural trends in development of the physiographic provinces of the south of the Far East]. Novosibirsk: Nauka, 125 p. (In Russ.).
3. Gvozdeva I.G., Mikishin Yu.A. **2008**. [Stratigraphy and paleogeography of the Holocene of the southwestern Sakhalin]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 3: 177–183. (In Russ.).
4. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G., Orlova L.A. **2009**. Basic Holocene section of South West Sakhalin. In: *Environment*

- Development of East Asia in Pleistocene-Holocene (boundaries, factors, stages of Human mastering): Proceedings of Intern. Scientific Conf., Sept. 14–18, 2009, Vladivostok, Russia.* Vladivostok: Dalnauka, p. 149–152.
5. Khotinskii N.A. **1977.** *Golotsen severnoi Evrazii [Holocene of Northern Eurasia]*. Moscow: Nauka, 200 p. (In Russ.).
 6. Mikishin Yu.A. **2020.** Evolution of landscape-climatic changes on the South Sakhalin in the Atlantic period of Holocene. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 12: 124–131. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.37548>
 7. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2017.** Landscape-climatic changes in the South Sakhalin Island in the Middle-Late Atlantic Epoch of the Holocene. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 12: 207–214. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.36630>
 8. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2018.** Traces of cooling in the southern Sakhalin in the Late-Glacial and Atlantic period of Holocene. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 3: 107–116. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.36711>
 9. Mikishin Yu.A., Pushkar' V.S., Gvozdeva I.G. **2020.** Paleogeography of the South Sakhalin marine coast in the Subboreal period of Holocene. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 10: 97–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.37497>
 10. Alley R.B., Agustsdottir A.M. **2005.** The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climatic change. *Quaternary Science Reviews*, 24(10–11): 1123–1149. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.12.004>
 11. Magny M., Leuzinger U., Bortenschlager S., Haas J.N. **2006.** Tripartite climate reversal in Central Europe 5600–5300 years ago. *Quaternary Research*, 65(1): 3–19. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.06.009>
 12. Weninger B., Clare L., Gerritsen F., Horejs B., Kraub R., Linstädter J., Özbal R., Rohling E.J. **2014.** Neolithisation of the Aegean and Southeast Europe during the 6600–6000 calBC period of Rapid Climate Change. *Documenta Praehistorica*, 41: 1–31. <https://doi.org/10.4312/dp.41.1>
 13. Borisova O.K. **2014.** Landscape and climate change in Holocene. *Izv. RAN. Seriya Geograficheskaya = Bull. of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 2: 5–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2014-2-5-20>
 14. Igarashi Y., Karya Y., Shimokawa K. **2013.** An occurrence of pollen *Tsuga* in late Holocene buried soil in southwest Sakhalin. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)*, 52(3): 59–64. <https://doi.org/10.4116/jaqua.52.59>
 15. Zemtsova A.I. **1968.** [The climate of Sakhalin]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 197 p. (In Russ.).
 16. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. *Mnogoletnie dannye. Ch. 1–6(34). Sakhalinskaya oblast' [Scientific and applied handbook on the USSR climate. Series 3. Long-term data Pt 1-6(34). Sakhalin Region]*. **1990.** Leningrad: Gidrometeoizdat, 352 p. (In Russ.).
 17. Yurasov G.I., Yarichin V.G. **1991.** *Techeniya Yaponskogo moriya [Currents of the Sea of Japan]*. Vladivostok: DVO RAN, 176 p.
 18. Tolmachev A.I. **1955.** *Geobotanicheskoe raionirovanie ostrova Sakhalin [Geobotanical zoning of Sakhalin Island]*. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 78 p. (In Russ.).
 19. Krestov P.V., Barkalov V.Yu., Taran A.A. **2004.** [Botanical and geographical zoning of Sakhalin]. In: *Rastitel'nyi i zhivotnyi mir ostrova Sakhalin (Materialy Mezhdunar. Sakhalinskogo proekta) [Flora and fauna of Sakhalin Island (Materials of the International Sakhalin project)]*. Vladivostok: Dal'nauka, 2, p. 67–92. (In Russ.).
 20. [Vegetation]. **1967.** In: *Atlas Sakhalinskoi oblasti [Atlas of Sakhalin region]*. Moscow: GUGK, p. 105–112. (In Russ.).
 21. *Paleopalinologiya. T. 1. Metodika paleopalinologicheskikh issledovaniy i morfologiya nekotorykh iskopaemykh spor, pyl'tsy i drugikh rastitel'nykh mikrofosilii [Paleopalynology. Vol. 1. Methodology for paleopalynological studies and morphology of some fossil spores, pollen and other vegetative microfossils]*. **1966.** Leningrad: Nedra, 352 p. (Tr. VSEGEI. Nov. ser.; iss. 141). (In Russ.).
 22. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2009.** *Subfossil'nye sporovopyl'tsevye komplekсы Sakhalina i prilegayushchikh territorii [Subfossil spore-pollen complexes of Sakhalin and adjacent areas]*. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. universiteta, 162 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/np.379>
 23. *Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [Diatom algae of the USSR (fossil and modern)]*. **1974.** Vol. 1. [Practice guideline]. Leningrad: Nauka, 403 p. (In Russ.).
 24. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. **2006.** [Biodiversity of the algae serving as environment indicators]. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 498 p.
 25. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986.** *Bacillariophyceae. Teil 1. Naviculaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (In: Ettl H. et al. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*; 2).
 26. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1988.** *Bacillariophyceae. Teil 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 536 p.
 27. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991.** *Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eumotiaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
 28. Krammer K. **2000.** The genus *Pinnularia*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Gantner Verlag K.G., 1, 703 p.
 29. Krammer K. **2002.** *Cymbella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Gantner Verlag K.G., 3, 584 p.
 30. Krammer K. **2003.** *Cymbopyleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Gantner Verlag K.G., 4, 530 p.
 31. Grimm E.C. **2004.** *TGView 2.0.2 (Software)*. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center. URL: <https://www.tiliat.com>
 32. Bronk Ramsey C. **2017.** Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(2): 1809–1833. <https://doi.org/10.1017/rdc.2017.108>
 33. Khotinskii N.A. **1987.** Radiouglerodnaya khronologiya i korrelyatsiya prirodnykh i antropogennykh rubezhei golotsena. In: *Novye dannye po geokhronologii chetvertichnogo perioda [Radiocarbon chronology and correlation of natural and anthropogenic boundaries of the Holocene]*: K XII kongressu INKVA (Kanada, 1987) [To the XII INKVA congress (Canada, 1987)]. Moscow: Nauka, p. 39–45. (In Russ.).
 34. Pevzner M.M. **2015.** *Golotsenovyi vulkanizm Sredinnogo khrebita Kamchatki [Holocene volcanism of the Sredinny Range of Kamchatka]*. Moscow: GEOS, 246 p. (In Russ.).
 35. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **1996.** *Evolutsiya prirody yugo-vostochnoi chasti ostrova Sakhalin v golotsene [Evolution of nature of the southwest part of Sakhalin Island in the Holocene]*. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. universiteta, 130 p. (In Russ.).
 36. Korotkii A.M., Pushkar' V.S., Grebennikova T.A., Razzhigaeva N.G., Karaulova L.P., Mokhova L.M., Ganzei L.A., Cherepanova M.V., Bazarova V.B., Volkov V.G., Kovalyukh N.N. **1997.** *Morskie terrasy i chetvertichnaya istoriya shel'fa Sakhalina [Marine terraces and the quaternary*

- history of Sakhalin shelf]. Vladivostok: Dal'nauka, 195 p. (In Russ.).
37. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2021**. Early to Middle Holocene in Northern Sakhalin. *Bull. of the North-East Scientific Center of FEB RAS*, 1: 50–65. (In Russ.). <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2021-1-50-65>
 38. Hartley B., Ross R., Williams D.M. **1986**. A check-list of the freshwater, brackish and marine diatoms of the British Isles and adjoining coastal waters. *J. of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66(3): 531–610. <https://doi.org/10.1017/s0025315400042235>
 39. Hållfors G. **2004**. Checklist of Baltic Sea phytoplankton species (including some heterotrophic protistan groups). *Baltic Sea Environment Proceedings*, 95, 210 p.
 40. Kravesky D.M., Meave D.C., Zamudio E., Norris E., Fredericq S., Tunnell J. **2009**. Diatoms (*Bacillariophyta*) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico origin, waters, and biota*, 1: 155–186.
 41. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. **1994**. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands J. of Aquatic Ecology*, 28(1): 117–133. <https://doi.org/10.1007/bf02334251>
 42. Korotky A.M., Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Sulerzhitsky K.A., Lutaenko K.A. **2000**. Middle- and late-Holocene environments and vegetation history of Kunashir Island, Kurile Islands, northwestern Pacific. *The Holocene*, (10)3: 311–331. <https://doi.org/10.1191/095968300667552216>
 43. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Ganzey K.S., Kaistrenko V.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Rybin A.V. Manifestation of Late Holocene climatic changes and natural hazards on the south of Urup Island (Kuril archipelago). *Bull. of the North-East Scientific Center of FEB RAS*, 3: 37–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-3-37-53>
 44. Büntgen U., Myglan V.S., Ljungqvist F.C., McCormick M., Di Cosmo N., Sigl M., Jungclauss J., Wagner S., Krusic P.J., Esper J. et al. **2016**. Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD. *Nature Geoscience*, 8: 231–237. <https://doi.org/10.1038/ngeo2652>
 45. Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Gorbunov A.O., Ponomarev V.I., Klimin M.A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu. **2020**. Reconstruction of paleotypochoons and recurrence of extreme floods in south Sakhalin Island in Middle–Late Holocene. *Geosistemy perednykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 4(1): 46–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.046-070>
 46. Akhmet'ev M.A. **1993**. *Fitostratigrafiya kontinental'nykh otlozhenii paleogena i miotsena vnetropicheskoi Azii* [Phytostratigraphy of the continental sediments of the Paleogene and Miocene of extratropical Asia]. Moscow: Nauka, 143 p. (In Russ.).
 47. Yasuda Y. **1976**. Early historic forest clearance around the ancient castle site of Tagajo, Miyagi prefecture, Japan. *Asian Perspectives*, 19 (1): 42–58.
 48. Igarashi Y., Igarashi T. **1998**. Late Holocene vegetation history in south Sakhalin, northeast Asia. *Japanese J. of Ecology*, 48: 231–244.
 49. Igarashi Y., Sagayama T., Higake N., Fukuda M. **2000**. Late Quaternary environmental change in Central and North Sakhalin, Russia. *J. of Geography*, 109(2): 165–173. https://doi.org/10.5026/jgeography.109.2_165
 50. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Mokhova L.M. **2014**. The manifestations of the Holocene Little Climatic Optimum in the southern Far East. *Geography and Natural Resources*, 35(2): 173–180. <https://doi.org/10.1134/s1875372814020097>
 51. Lamb H.H. **1965**. The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1: 13–37. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(65\)90004-0](https://doi.org/10.1016/0031-0182(65)90004-0)
 52. Sakaguchi Y. **1983**. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation. *Bull. of the Department of Geography of the University of Tokyo*, 15: 1–31.
 53. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2016**. Late Subatlantic in the south of Sakhalin Island. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia = Advances in Current Natural Sciences*, 9: 137–142. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.36134>

Об авторах

Микишин Юрий Анатольевич (<https://orcid.org/0000-0003-1709-8887>), кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеоэкологии кайнозоя, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, yurimikishin@fegi.ru

Горбунов Алексей Олегович (<https://orcid.org/0000-0002-5903-6660>), кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории береговых геосистем, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, briz@yandex.ru

Гвоздева Ирина Георгиевна (<https://orcid.org/0000-0001-7322-4441>), научный сотрудник лаборатории палеоэкологии кайнозоя, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, gvozhdika@fegi.ru

Черепанова Марина Валерьевна (<https://orcid.org/0000-0002-6530-0093>), старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеоботаники, ФНИЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, cherepanova@biosoil.ru

About the Authors

Mikishin, Yuri Anatol'evich (<https://orcid.org/0000-0003-1709-8887>), Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher of the Laboratory of paleoecology of Cenozoic, Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, yurimikishin@fegi.ru

Gorbunov, Alexei Olegovich (<https://orcid.org/0000-0002-5903-6660>), Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher of the Laboratory of coastal geosystems, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, briz@yandex.ru

Gvozdeva, Irina Georgievna (<https://orcid.org/0000-0001-7322-4441>), Researcher of the Laboratory of paleoecology of Cenozoic, Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, gvozhdika@fegi.ru

Cherepanova, Marina Valer'evna (<https://orcid.org/0000-0002-6530-0093>) Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Senior Researcher of the Laboratory of paleobotany, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, cherepanova@biosoil.ru

Поступила в редакцию 06.06.2022
После рецензирования 11.07.2022
Принята к публикации 03.08.2022

Received 6 June 2022
Revised 11 July 2022
Accepted 3 August 2022