

Развитие экологических условий позднего голоцена в Восточном Приморье (Дальний Восток, Россия)

Л. Б. НАЗАРОВА^{1, 2, 3}, Н. Г. РАЗЖИГАЕВА⁴, Л. В. ГОЛОВАТЮК⁵, Б. К. БИСКАБОРН²,
Т. А. ГРЕБЕННИКОВА⁴, Л. А. ГАНЗЕЙ⁴, Л. М. МОХОВА⁴, Б. ДИКМАН^{1, 2}

¹Потсдамский Университет, Институт Земли и экологических наук
Германия, 14469, Потсдам, Нойес Пале, 10
E-mail: larisa.nazarova@awi.de

²Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера
Германия, 14473, Потсдам, Телеграфенберг, А43

³Казанский (Приволжский) федеральный университет
420000, Казань, ул. Кремлевская, 18

⁴Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
690041, Владивосток, ул. Радио, 7
E-mail: nadyar@tigdvo.ru

⁵Самарский федеральный исследовательский центр РАН
Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, Тольятти, ул. Комзина, 10
E-mail: gollarisa@mail.ru

Статья поступила 07.10.2020

После доработки 20.10.2020

Принята к печати 21.10.2020

АННОТАЦИЯ

Исследован разрез озерно-болотных отложений длиной 115 см из бухты Лангоу I (Восточное Приморье; 44°25'10,16" с. ш., 135°54'26,08" в. д.). Согласно полученной возрастной модели возраст отложений составил 3900 лет. Комплексное исследование, проведенное методами геохимического, хирономидного, диатомового и палинологического анализов, показало, что развитие климатических и экологических условий на побережье Восточного Приморья проходило во многом синхронно с известными для позднего голоцена климатическими фазами. Период примерно с 4200 по 2600 кал. л. н. соответствует первой и второй теплым стадиям японской культуры Дзёмон и поздней трансгрессии Дзёмон. Пик летних температур в районе бухты Лангоу приходится на период между 2900 и 2600 кал. л. н. Похолодание после 2600 кал. л. н. здесь было более умеренным, чем в Японии (холодные стадии Дзёмон и Кофун). Реконструированные температуры были на 1 °С ниже современных, при том что в Японии – ниже на 2–3 °С. Средневековый климатический оптимум (стадия Нара-Хейан-Камакура в Японии) реконструирован для Восточного Приморья с 1250 по 750 кал. л. н. и характеризуется влажным климатом с летними температурами, примерно на 1,5 °С выше современных. Период между 750 и 250 кал. л. н. ассоциируется с малым ледниковым периодом и характеризуется снижением летних температур до 1,5–2 °С ниже современных. В последние

© Назарова Л. Б., Разжигаета Н. Г., Головатюк Л. В., Бискаборн Б. К., Гребенникова Т. А., Ганзей Л. А., Мохова Л. М., Дикман Б., 2021

200 лет отмечено обмеление вплоть до почти полного пересыхания водоема. Это время характеризуется температурными флуктуациями с тенденцией потепления климата.

Ключевые слова: юг Дальнего Востока, экологические обстановки, климат позднего голоцена, палеозеро, хирономиды, диатомовые, пыльца.

Важнейшим инструментом валидации Мировых климатических моделей (General Circulation Models, GCM) и существенным компонентом построения прогнозов развития климата на планете являются реконструкции палеоклиматических изменений прошлого [Kohfeld, Harrison, 2000]. Основаны они на комплексном использовании различных геофизических и биологических индикаторов или прокси-данных из архивов донных отложений озер, содержащих информацию об экологических изменениях среды за тысячи лет [Subetto et al., 2017; Kaufman et al., 2020]. Несмотря на растущее число публикуемых палеорекоконструкций, в том числе из разных регионов России [Frolova et al., 2013; Nazarova et al., 2017a; Syrykh et al., 2017; Druzhinina et al., 2020], данные о палеоклиматических, палеоэкологических условиях из региона российского Дальнего Востока по-прежнему малочисленны [Nazarova et al., 2013, 2017b; Meyer et al., 2015; Solovieva et al., 2015; Razjigaeva et al., 2018]. Особые геоэкологические условия региона, включая высокую сейсмоактивность, наличие большого количества действующих вулканов, взаимодействие центров действия атмосферы, таких как Сибирский антициклон, Алеутская депрессия и Восточно-Азиатский муссон, а также влияние горных систем (Сихотэ-Алинь, Колымское нагорье, Анадырское плоскогорье, хребты Камчатки, островные горные системы), окраинных морей Тихого океана (Охотское, Японское) и прибрежных течений, приводят к значительной гетерогенности экологических условий как прошлого, так и настоящего [Razjigaeva et al., 2013; Brooks et al., 2015; Hoff et al., 2015]. Кроме того, прибрежные регионы Дальнего Востока, в особенности в его южной части (Курильская гряда и побережье Приморья) подвержены воздействию ряда сменяющих друг друга длительных и краткосрочных морских трансгрессий и регрессий [Короткий и др., 1997], а также цунами разной интенсивности, эпицентры которых расположены на склоне Курило-Камчатского желоба, а также на шельфе

и подводном склоне Японских островов [Ganzeu et al., 2015]. Следствием этого являются нарушения седиментационных процессов на побережье, что затрудняет поиски водоемов, донные отложения которых пригодны для палеоэкологических исследований и палеоклиматических реконструкций.

Тем не менее недавнее исследование показало, что в последние тысячелетия сильные цунами, сопровождавшиеся эрозией береговой зоны, были достаточно редкими событиями на побережье Восточного Приморья [Ganzeu et al., 2015], а следовательно, озерно-болотные отложения прибрежных низменностей являются перспективным объектом для исследования эволюции экосистем и реконструкции палеоклимата в регионе в позднем голоцене.

Нами проведено комплексное исследование разреза лагунной террасы на побережье бухты Лангоу I (Восточное Приморье) методами геохимического, хирономидного, диатомового и палинологического анализов с целью качественной и количественной реконструкции экологических условий в позднем голоцене.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Бухта Лангоу I (44°25'10,16" с. ш., 135°54'26,08" в. д.) расположена на побережье Восточного Приморья в 8 км северо-восточнее бухты Рудная. Исследованный разрез лагунной террасы находится в 273 м от берега, на высоте 2 м над ур. м., на месте палеозера лагунного типа, отделенного от моря валунно-галечной пересыпью (рис. 1). Палеозеро сформировалось в приустьевой зоне низкопорядкового водотока, долина которого сильно заболочена. В настоящее время озеро практически полностью заросло, на его месте располагается протяженное травяное болото, которое дренируется небольшим ручьем. В приустьевой зоне сохранился небольшой вытянутый водоем (длиной до 90 м). Склоны около побережья заняты вторичными лесами из дуба монгольского. В низкогорье есть участки широколиственных лесов с дубом монгольским, липой, кленами. На высотах 700–800 м на ме-

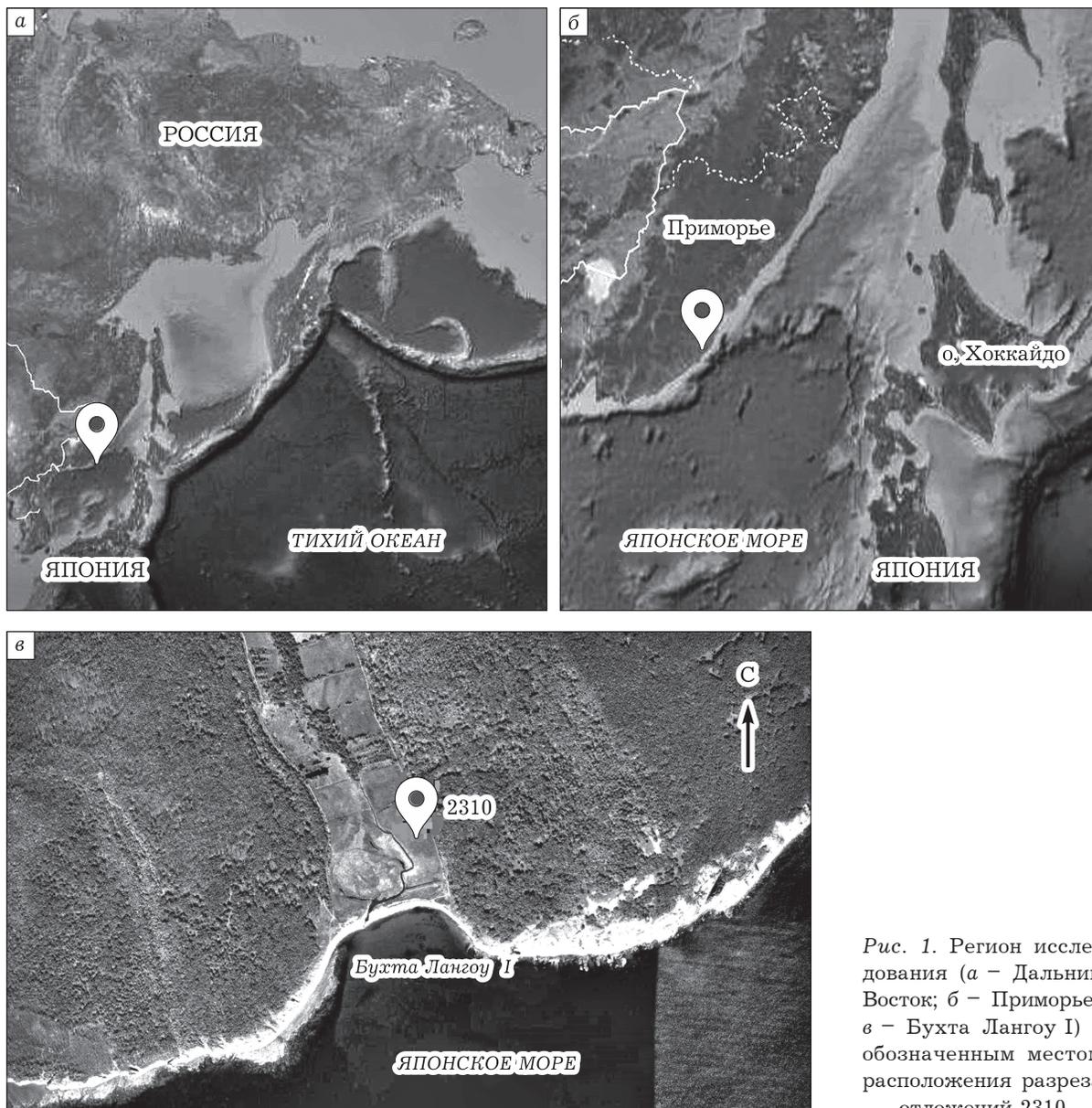


Рис. 1. Регион исследования (а – Дальний Восток; б – Приморье; в – Бухта Лангоу I) с обозначенным местом расположения разреза отложений 2310

сте старых гарей сформировались пихтово-еловые леса. Местами встречаются широколиственно-кедровые леса, пройденные рубками. В верховьях ручьев большие площади заняты мелколиственными лесами по гарям на месте смешанных лесов и лесов с преобладанием хвойных пород [Атлас..., 2005]. Климат Восточного Приморья умеренный муссонный. Зима сухая и холодная, с ясной погодой. Лето теплое и влажное. Основная особенность: летом – обильные осадки и туманы, в августе–сентябре – частые тайфуны. Среднегодовая температура $+3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя температура августа $+18,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя температура янва-

ря $-11,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, среднегодовое количество осадков 785 мм, наибольшее количество выпадает в сентябре (174 мм) (www.primgidromet.ru).

Исследуемый разрез озерно-болотных отложений 2310 мощностью 115 см отобран в шурфе. Отложения продатированы радиоуглеродным методом в Институте наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург (таблица). На основе результатов датирования построена возрастная модель с помощью пакета Bacon 2.2 [Blaauw, Christen, 2011] в программе R [R Core Team, 2012]. Калибровка радиоуглеродных дат проводилась с использованием калибровочной кривой IntCal13. Согласно полу-

Радиоуглеродные даты из разреза отложений 2310, бухта Лангоу I

Лабораторная маркировка	Глубина, см	¹⁴ C-дата, л. н.
ЛУ-6559	17–18	60 ± 30
ЛУ-6563	64–65	2100 ± 60
ЛУ-6556	90–92	2780 ± 60

ченной возрастной модели возраст отложений составил 3900 лет (рис. 2).

Пробы отложений проанализированы на содержание биогенных элементов, а также с использованием методов хириноидного, диатомового и спорово-пыльцевого ана-

лизов. Содержание биогенов (общий углерод (ТС), общий органический углерод (ТОС) и общий азот (ТН)) было определено с использованием анализаторов Vario EL III CNS и Vario MAX C в лаборатории Института полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Пот-

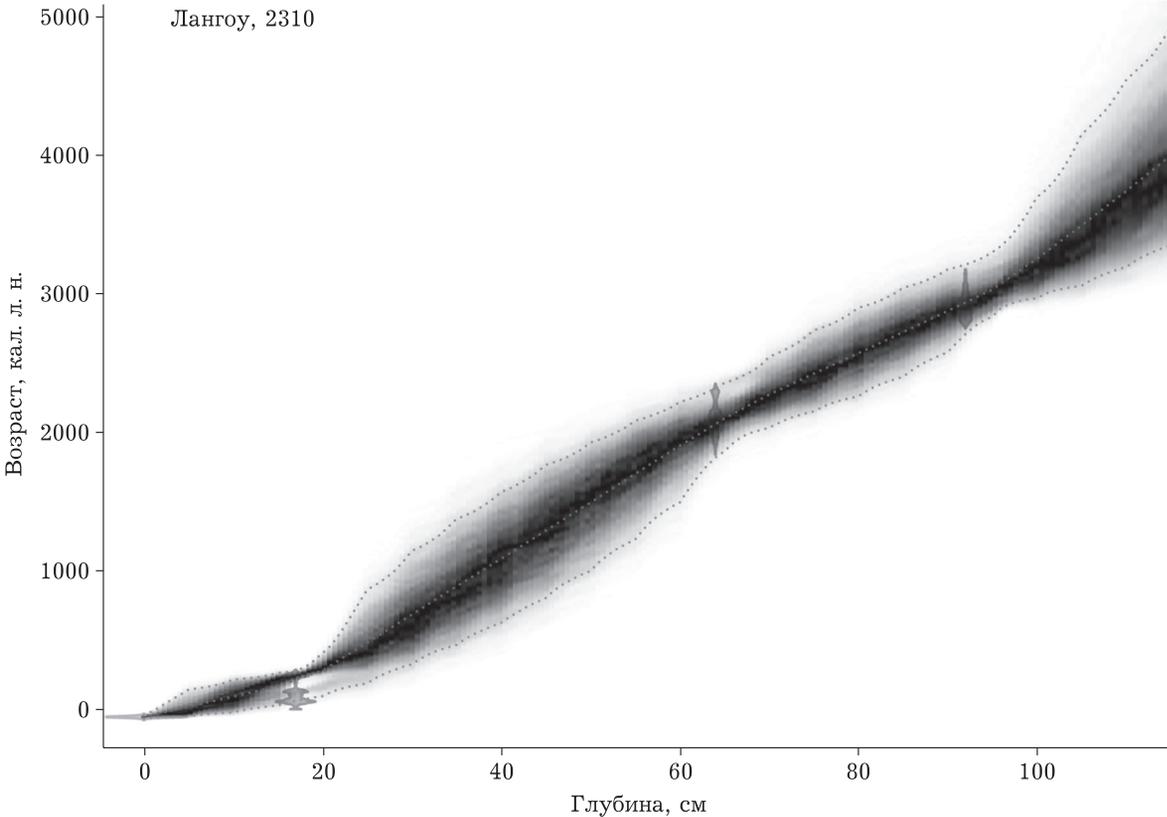
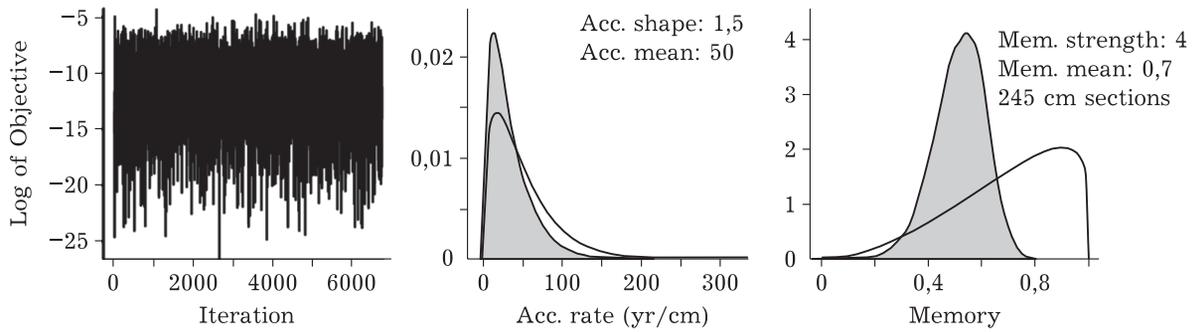


Рис. 2. Возрастная модель разреза отложений 2310, бухта Лангоу I, Восточное Приморье

сдам, Германия). Точность измерения 0,1 % для ТОС и TN и 0,05 % для ТС.

Обработка проб озерных осадков на хириноmidный анализ выполнена по стандартной методике [Brooks et al., 2007]. Из каждой пробы отобрано от 55 до 75 головных капсул. Определение проводили по современным специализированным определителям [Wiederholm, 1983; Brooks et al., 2007]. Качественная реконструкция основана на калибровочных базах данных озер Восточной Сибири и Дальнего Востока [Nazarova et al., 2008, 2011, 2015]. Среднеиюльская температура воздуха (T July) воспроизведена с использованием статистической хириноmidной модели, разработанной для Дальнего Востока России [Nazarova et al., 2015].

Обработка образцов отложений на диатомовый анализ проведена по стандартным методикам [Диатомовые водоросли..., 1974; Battarbee, 1986]. Для изготовления постоянных препаратов использована смола Эляшева ($n = 1,67-1,68$). При определении видового состава пользовались определителями [Kramer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b]. При составлении видового списка учтены последние ревизии в систематике диатомовых водорослей [<http://www.algaebase.org/browse/taxonomy/?id=77640>]. Подсчет 350 створок проведен по параллельным трансектам с помощью светового микроскопа Axioscop Zeiss и иммерсионной среды. Общее число створок

взято за 100 %. Эколого-географическая характеристика диатомовых дана по отношению к местообитанию, солености, pH воды, по географическому распространению, температурной приуроченности и реофильности [Barinova et al., 2006].

Пробы для спорово-пыльцевого анализа готовили, используя тяжелые жидкости с удельным весом 2,2 г/см³ без ацетализа [Покровская, 1966]. Определено соотношение трех групп: пыльцы древесных пород и кустарников (AP), пыльцы трав и кустарничков (NAP), спор. Процентное содержание рассчитано на основе суммы пыльцы всех таксонов, взятой за 100 %, за исключением спор и непыльцевых палиноморф (NPP) [Rudaya et al., 2016; Zhilich et al., 2017]. Для AP и NAP в насыщенных препаратах подсчитано не менее 300 пыльцевых зерен.

Стратиграфические диаграммы построены в программе C2, версия 1.7.7 [Juggins, 2007]. Общие тенденции изменений видового состава биологических индикаторов исследовали методом главных компонент (Principal component analysis, PCA) [ter Braak, Prentice, 1988]. Зонирование стратиграфических диаграмм проведено по вариациям осей PCA 1 и 2 вокруг нулевого значения. Биоразнообразию хириноmidных, диатомовых и растительных сообществ оценено с помощью индекса N2 [Hill, 1973].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Литология и геохимия. В основании разреза вскрыт зеленовато-серый алевроитовый ил с органическими остатками (рис. 3; GIa: 115–105 см). Выше залегает гиттия оливкового цвета (см. рис. 3; GIb: 105–69 см). Верхнюю часть разреза покрывает торфяник с тонкими прослоями и линзами мелкозернистого, хорошо сортированного песка мощностью до 1–2 см (см. рис. 3; GII–GIII: 69–0 см).

Содержание биогенных элементов в нижней части разреза довольно низкое (см. рис. 3; GIa, GIb; 3900–2250 кал. л. н.). Однако начиная с глубины 97 см (3100 кал. л. н.) содержание азота и органического углерода увеличивается. Соотношение C/N становится выше 15 %. Между 2250 и 750 кал. л. н. (см. рис. 3; GII) содержание азота, органического углерода и их соотношение максимальны. После 750 кал. л. н. (см. рис. 3; GIII)

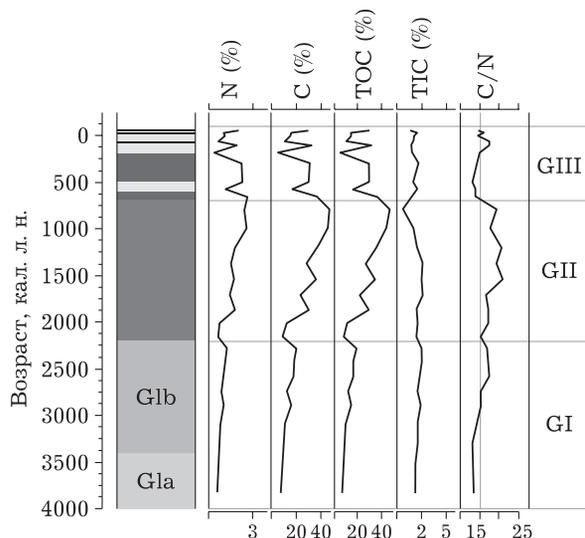


Рис. 3. Литология и содержание биогенных элементов в донных отложениях исследованного разреза 2310, бухта Лангоу I

все эти показатели снижаются. Низкие значения биогенных элементов отмечаются в слоях с большим содержанием песка. Соотношение C/N ниже 15 % до 200 кал. л. н., после чего повышается и сохраняется выше 15 % до конца разреза.

Хирономидный анализ. В исследованном разрезе определено 58 таксонов хирономид и выделено 5 хирономидных зон (СНІ–СНV; рис. 4).

СНІ (115–84 см; 3800–2600 кал. л. н.). Преобладают литоральные фитофильные таксоны, характерные для умеренных климатических условий: *Polypedilum nubeculosum*-type, *Paratanytarsus*, *Tanytarsus no spur*-type, *Cricotopus cylindraceus*-type, *Pseudochironomus*. В пределах зоны происходит постепенная смена индикатора холодных условий *Chironomus anthracinus*-type более теплолюбивым *Chironomus plumosus*-type. Возрастает численность полуназемного таксона *Limnophies-Paralimnophies*. Реконструированные температуры растут и максимальны около 2600 кал. л. н. (~16 °С).

СНІІ (84–53 см; 2600–1700 кал. л. н.). Около 2600 кал. л. н. наблюдается кратковременное снижение концентрации головных капсул, сопровождающееся ростом индекса разнообразия. Численность характерного для текучих вод *Paratendipes* максимальна. После 2500 кал. л. н. концентрация головных капсул увеличивается при некотором снижении разнообразия до уровня предыдущей зоны. Численность *P. nubeculosum*-type и других литофильных таксонов снижается, а численность полуназемного *Limnophies-Paralimnophies* растет и появляется другой полуназемный таксон *Pseudosmittia*. Однако после 2200 кал. л. н. численность *Limnophies-Paralimnophies* снижается и вновь повышается роль литоральных таксонов, *P. nubeculosum*-type в первую очередь. Реконструированные температуры снижаются до ~1 °С ниже современных.

СНІІІ (53–31 см; 1700–700 кал. л. н.). Значительно снижается концентрация остатков хирономид при росте видового разнообразия. Минимум концентрации наблюдается между 1100 и 700 кал. л. н. Максимум разнообразия отмечен около 1000 кал. л. н. В этот период появляются несколько таксонов, характерных для небольших водотоков, – *Georthocladus*, *Pseudoorthocladus*, и *Procladius* – для мезотрофных/

эвтрофных водоемов и теплых климатических условий. Реконструированные температуры растут до ~1,5 °С выше современных.

СНІV (31–17 см; 700–200 кал. л. н.). Разнообразии хирономид снижается, а концентрация постепенно повышается. Доминируют полуназемные таксоны. Литоральные фитофильные *P. nubeculosum*-type, *Paratanytarsus* в начале зоны, до 600 кал. л. н., имеют высокую представленность, но их численность снижается выше по разрезу. *Limnophies-Paralimnophies* вместе с другими полуназемными видами доминирует до конца разреза. Реконструированные температуры снижаются на ~0,5–2 °С ниже современных.

СНV (17–0 см; 200 кал. л. н. – по настоящее время). Наблюдается повышение видового разнообразия хирономид, которое резко снижается в верхнем горизонте, соответствующем нашему времени (2010 г.). Между 200 кал. л. н. и серединой XX в. увеличивается число таксонов, характерных для мезо- и эвтрофных водоемов (*Procladius*, *C. anthracinus*-type, *C. plumosus*-type, *Endochironomus impar*-type и др.) и текучих вод (*Georthocladus*, *Pseudoorthocladus*, *Pseudochironomus* и др.). Фауна поверхностного слоя на 97 % представлена полуназемными таксонами и лишь 3 % от найденных хирономид составляет *Paratendipes*.

Диатомовый анализ. В разрезе обнаружены 231 разновидность пресноводных и 33 формы морских и солоновато-водных диатомей. В составе пресноводных диатомовых по числу таксонов преобладают водоросли из класса пеннатных. Большинство из них донные виды и обрастания. Наибольшей видовой насыщенностью характеризуются роды *Pinnularia* (37 формы) и *Eunotia* (30). Из центрических встречены виды родов *Aulacoseira* (7 таксонов), *Cyclotella* (1) и *Discostella* (1). В составе морских и солоновато-водных диатомей преобладают бентосные виды прибрежных вод (25 таксонов), планктонных встречено 8 таксонов. Выделены 3 диатомовых зоны (рис. 5, 6):

DI (115–41 см; 4000–1250 кал. л. н.). Ведущими в составе комплекса являются виды обрастаний (до 63 %), доля планктонных колеблется в пределах 20–50 %. Доминируют планктонный *Aulacoseira granulata*, а из обрастаний – *Stauriforma exiguiformis*. К субдоминантам отнесены временно планктонный *Tabellaria fenestrata*

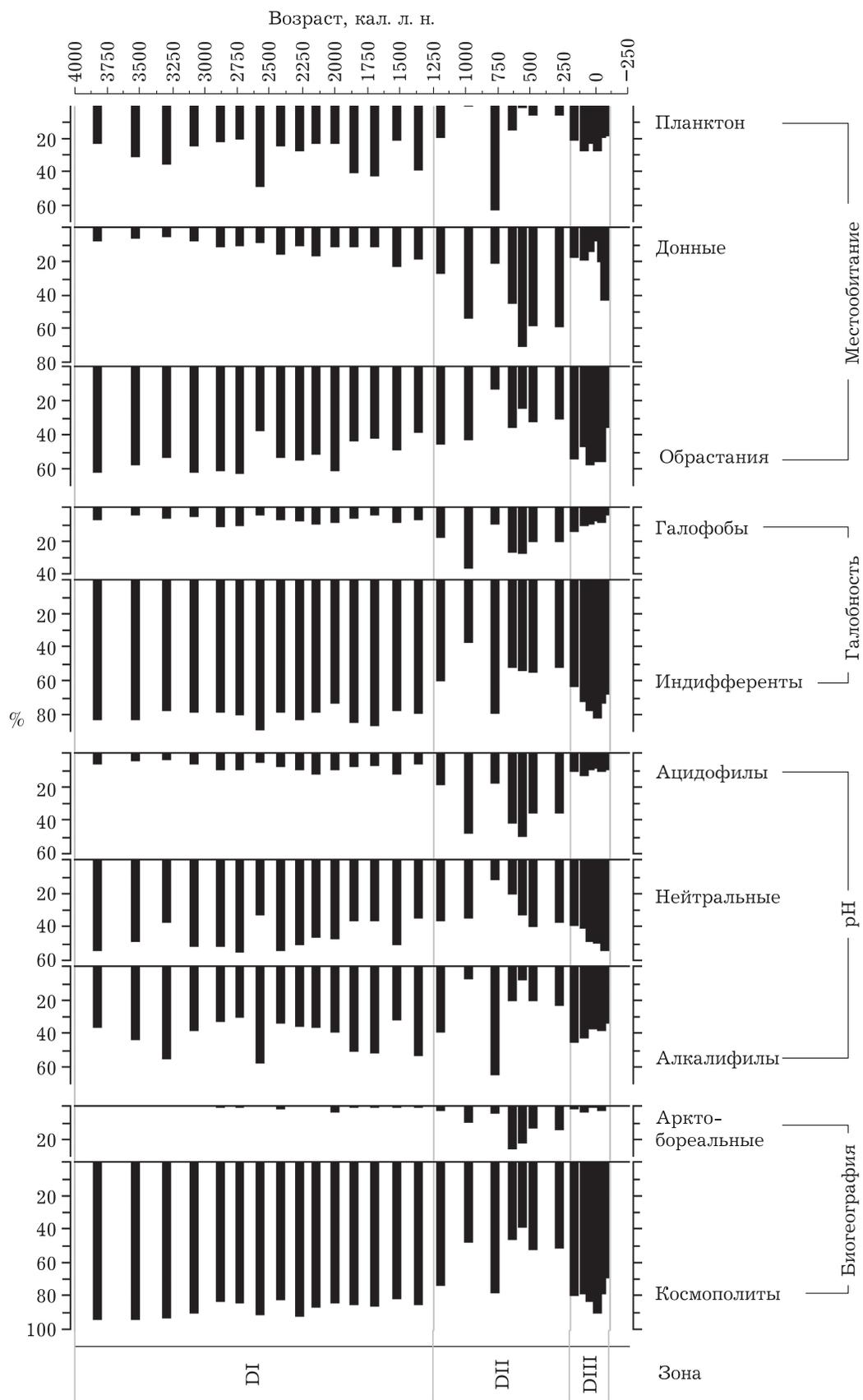


Рис. 6. Стратиграфическое распределение экологических групп диатомовых по разрезу 2310, бухта Лангоу I

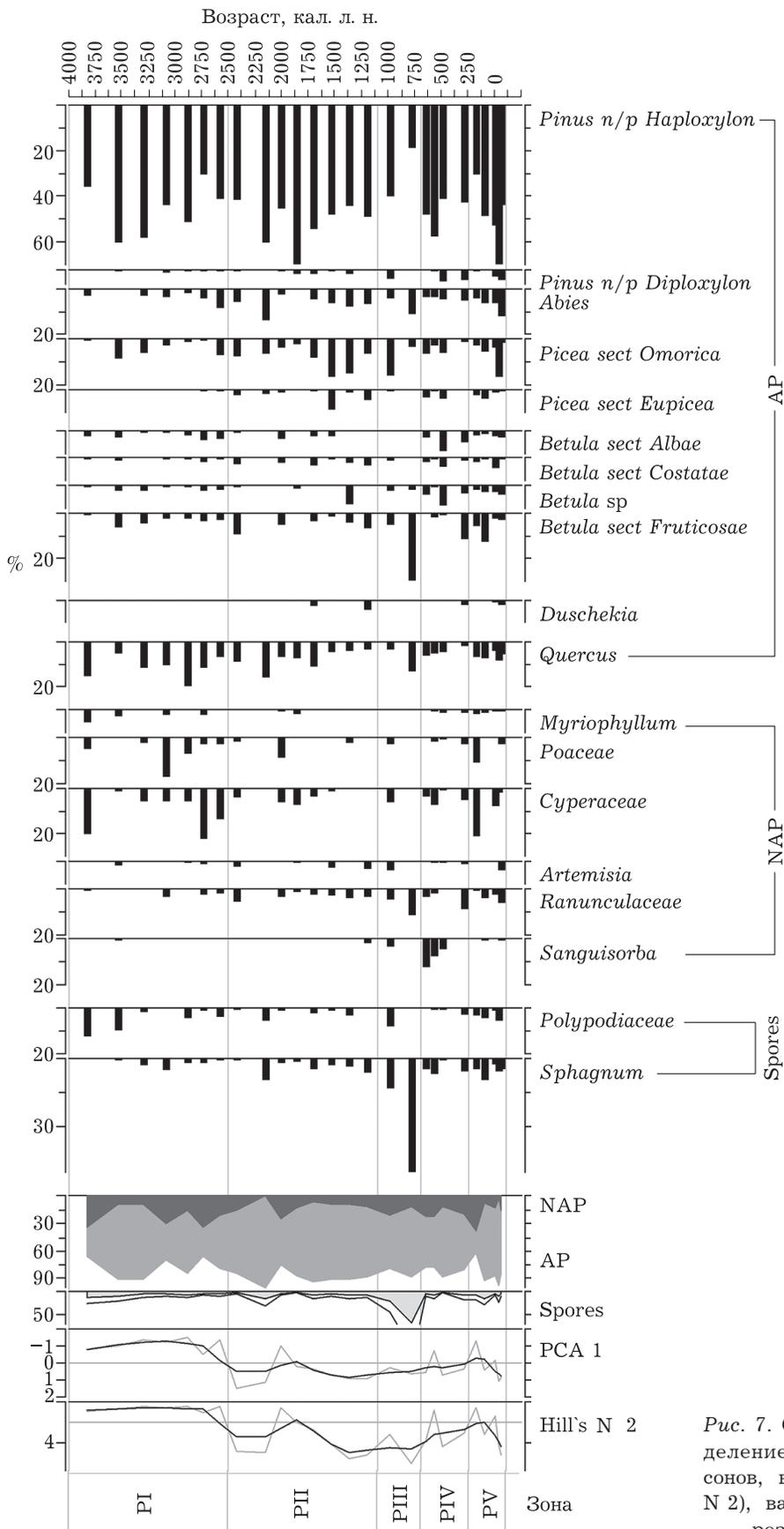


Рис. 7. Стратиграфическое распределение спорово-пыльцевых таксонов, видовое разнообразие (Hill's N 2), вариация оси PCA 1 по разрезу 2310, бухта Лангой I

и обростатель *Staurosira subsalina*. Преобладают индифферентные виды по отношению к солености, а по отношению к рН среды – алкалофилы и циркумнейтральные. Доля арктобореальных диатомей не превышает 4,3 %.

Встречено 24 таксона морских и солоновато-водных диатомей. Преобладают солоновато-водные виды, среди которых доминируют бентосный *Melosira moniliformis* и планктонный *Thalassiosira bramptonae*.

ДИ (41–17 см; 1250–200 кал. л. н.). Видовое разнообразие (N2, см. рис. 5) возрастает. Между 1250 и 900 кал. л. н. развитие получали населяющие мелководные олиготрофные водоемы донные *Pinnularia viridis*, *P. brevicostata* и характерные для болотных обстановок *Encyonema paucistriatum*, *Eunotia praerupta*, *E. paludosa*, *E. glacialis*. Между 900 и 650 кал. л. н. доминантом становится планктонный *Aulacoseira granulata*. Роль обростателей (*Stauroforma exiguiiformis*, *Staurosira subsalina*, *S. venter* и др.) снижается. Между 650 и 250 кал. л. н. ведущее положение занимают бентосные виды (до 59,7 %), доля планктонных не превышает 7 %. Доминируют *Pinnularia viridis*, *P. brevicostata*, *Nitzschia perminuta*. В небольших количествах присутствуют ацидофильные *Fallacia vitrea*, *Cavinula lapidosa*, *Chamaepinnularia hassiaca* (не включены в рис. 5). Значительную долю сообществ занимают галофобы (до 37,3 %) и ацидофилы (до 50,6 %). Содержание арктобореальных диатомей повышается до 26,1 %. Морские и солоновато-водные диатомей встречены единично, а в интервале 700–575 кал. л. н. не найдены.

ДИИ (17–0 см; 200 кал. л. н. – по настоящее время). Ведущими являются виды обростаний (до 58,5 %), доля планктонных достигает 28,7 %. Доминируют планктонный *Aulacoseira granulata* и обростатель *Stauroforma exiguiiformis*. Заметного участия (до 3–5 %) достигают временно планктонный *Tabellaria fenestrata* и обитающие среди водной растительности *Staurosira subsalina*, *Pseudostaurosira brevistriata*. Ведущими по отношению к рН среды являются алкалофилы и циркумнейтральные виды, содержание ацидофилов не превышает 13,8 %. Содержание арктобореальных диатомей снижается до 2–5 %. В кровле (2–0 см) существенную долю занимает характерная для почв *Pinnularia borealis*. В этой части разреза найдено

более 20 видов морских и солоновато-водных диатомей, среди которых наиболее часто встречаются типичные для лагун *Navicula peregrina*, *Melosira moniliformis*, *Tabularia tabulate* (не включены в рис. 5).

Спорово-пыльцевой анализ. Распределение пыльцы и спор по разрезу позволило выделить пять палинозон, отвечающих фазам развития растительности (PI–V; рис. 7).

PI (115–79 см; 4000–2500 кал. л. н.) характеризуется преобладанием темнохвойных, роль которых увеличивается в интервале 3500–2800 кал. л. н. и снижается к 2500 кал. л. н. В начале (до 3500 кал. л. н.) и в конце (2700–2500 кал. л. н.) палинозоны среди NAP преобладают осоки, уруть, встречается рдест. Около 3100 кал. л. н. значительно повышается количество пыльцы злаков, которое снижается к 2500 кал. л. н. Среди спор преобладают Polypodiaceae, а с 3250 кал. л. н. доминируют сфагновые с максимумом около 3100 кал. л. н.

PII (79–40 см; 2500–1100 кал. л. н.). Видовое разнообразие растительных сообществ растет. Увеличивается содержание пыльцы кустарниковых берез (2400 кал. л. н.). Возрастает роль темнохвойных и снижается участие и разнообразие широколиственных пород, особенно между 1500 и 1100 кал. л. н.

PIII (40–31 см; 1100–750 кал. л. н.) характеризуется увеличением доли широколиственных, особенно дуба. Около 800 кал. л. н. резко возрастает содержание спор сфагновых мхов, пыльцы кустарниковых берез и дуба.

PIV (31–17 см; 750–200 кал. л. н.). Снижается видовое разнообразие растительности. При этом уменьшается доля пыльцы широколиственных пород и увеличивается роль хвойных.

PV (17–0 см; 200 кал. л. н. – по настоящее время). Возрастает разнообразие растительности. Несколько повышается содержание пыльцы *Betula* sect. *Fruticosae*. В это же время фиксируется значительное количество пыльцы NAP и спор сфагнума. В кровле возрастает роль *Pinus* s/g *Haploxyylon* и других хвойных, а также дуба.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование разреза лагунной террасы прибрежной зоны бухты Лангоу I методами геохимического, хирономидного, диатомового и спорово-пыльцевого анализов позволи-

ло выделить несколько фаз развития экологических условий позднего голоцена в регионе исследования.

Преобладание пыльцы хвойных пород по всему разрезу отвечает развитию кедрово-широколиственных лесов. Доминирует пыльца *Pinus s/g Haploxyton*, источником которой является кедр корейский. Разнообразна пыльца ширококолиственных (*Quercus*, *Juglans*, *Tilia*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Phellodendron*, *Carpinus*). Широко представлены березы. Пыльца темнохвойных пород (*Abies*, *Picea*), по всей вероятности, заносилась с верхних уровней рельефа из пояса темнохвойных лесов на высоте более 600–700 м. В долинных лесах преобладает ольха.

С 4000 до 2600 кал. л. н. представленность сообществ диатомовых в основном видами-образателями с постепенно увеличивающейся долей планктонных и временно-планктонных видов, а также максимальная численность реофильных хирономид свидетельствуют о росте обводненности водоема и развитии литоральной зоны, покрытой водной растительностью.

Реконструируемые температуры, подтверждаемые сукцессией в растительных сообществах и сообществах хирономид (снижение роли хвойных и рост представленности дуба; доминирование теплолюбивых и фитофильных хирономид), свидетельствуют о довольно теплых климатических условиях. Пик летних температур приходится на период между 2900 и 2600 кал. л. н. (см. рис. 4). Часто встречающиеся в пробах морские и солоновато-водные виды указывают на то, что водоем испытывал влияние моря, что характерно для фаз морской трансгрессии [Короткий и др., 1997]. Это хорошо согласуется с историей развития палеоклимата на Японских островах, реконструированной по развитию растительных сообществ [Sakaguchi, 1983]. Период примерно с 4200 по 2600 кал. л. н. соответствует первой и второй теплым стадиям японской культуры Дзёмон и поздней трансгрессии Дзёмон.

С 2600 кал. л. н. наблюдается сдвиг в таксономической структуре хирономидных сообществ в сторону увеличения представленности полуназемных видов и снижению численности фитофильной фауны. Видовое разнообразие хирономид падает, разнообразие диатомовых и наземных растительных сообществ остается низким. Рост концентрации головных капсул

хирономид в донных отложениях может служить указанием на замедление процессов седиментации [Smol, 2002], возможно, вследствие сокращения речного стока. В это же время фиксируется снижение представленности морских и солоновато-водных диатомовых, что, возможно, является индикатором регрессии [Короткий и др., 1997].

Реконструируемые температуры снижаются и достигают минимума (около 1 °С ниже современного) около 2280 кал. л. н. Похолодание между 2620 и 2270 кал. л. н. также регистрируется в отложениях оз. Изюбриные Солонцы [Razzhigaeva et al., 2017] и между 2660–2340 кал. л. н. в оз. Черепашье на юге Приморья [Razzhigaeva et al., 2019]. Данный период похолодания можно соотнести с позднейшей холодной стадией Дзёмон (2800–2300 кал. л. н.). Температуры в Японии в это время были примерно на 2–3 °С ниже современных значений, и предположительно произошло значительное увеличение зимних осадков [Sakaguchi, 1983; Yasuda, 1995]. В это время ширококолиственные и хвойно-широколиственные леса на юге Курил сократились, и широкое распространение получили темнохвойные и березовые леса. На центральных и северных Курилах расширились площади тундровых ландшафтов [Razzhigaeva et al., 2013]. Сочетание кедрового стланика с *Selaginella selaginoides* в пыльцевых комплексах указывает на обильные снегопады [Heusser, Igarashi, 1994].

Между 2300 и 1800 кал. л. н. наблюдается значительное снижение содержания биогенных веществ в донных отложениях (см. рис. 3). В это же время отмечается низкое содержание планктонных и повышение роли бентосных и перифитонных диатомовых, а также значительно возрастает доля морских и солоновато-водных диатомей. Доминируют полуназемные хирономиды, а рост концентрации головных капсул хирономид указывает на замедление темпов седиментации. Реконструированные температуры лишь незначительно ниже современных.

Предположительно при довольно умеренных температурах, близких к современным, мог снизиться уровень речного стока, и озеро сохранялось довольно мелководным. Недавние исследования также показали снижение уровня озер в регионе в этот период. Около 2270 кал. л. н. снизился уровень и со-

кратилась площадь горного озера Изюбриные Солонцы (севернее бухты Лангоу, к северу от пос. Терней). Уровень грунтовых вод упал за счет сокращения количества атмосферных осадков [Razzhigaeva et al., 2017]. Между 2200 и 1760 кал. л. н. реконструировано сокращение площади оз. Черепашье на юге Приморья и развитие болотных обстановок по его обрамлению, что, скорее всего, связано с регрессией (^{14}C -дата 2010 ± 90 кал. л. н., 1980 ± 120 кал. л. н., ЛУ-8025) [Razjigaeva et al., 2019].

Пик похолодания позднего голоцена можно отнести к японскому холодному этапу Кофун (1760–1220 кал. л. н.) [Sakaguchi, 1983]. В это время более сильное влияние на юге Курил оказывало холодное течение Оясио, что привело к увеличению количества дождей и туманов [Razjigaeva et al., 2013]. На Центральных Курилах (о. Матуа) похолодание сопровождалось уменьшением влагообеспеченности между 1380 и 870 кал. л. н.

Около 1800 кал. л. н. повышалась концентрация биогенов в донных отложениях, роль литофильной фауны, планктонных диатомей возрастала и сохранялась таковой до примерно 1600 кал. л. н. Предположительно в этот период наблюдалось некоторое расширение литоральной зоны озера за счет временного усиления поверхностного стока. Роль морских диатомей значительно снижалась, что указывает на ослабление связи с морем.

В этот период состав диатомей фиксирует чередование фаз обмеления и заболачивания озерной чаши и фаз обводнения, свидетельствуя о существовании неустойчивых гидроклиматических условий. После 1700 кал. л. н. постепенно снижалась доля планктонных диатомей, достигая своего минимума около 1000 кал. л. н., когда доминировали бентосные диатомовые при высоком участии обрастателей. При этом видовое разнообразие диатомовых около 1000 кал. л. н. максимально, а около 750 кал. л. н. – минимально, что говорит о значительном преобразовании в экосистеме исследованного водоема в этот период. Колебания уровня озера, очевидно, приводили к разрушению полей макрофитов, обуславливая значительное снижение содержания видов обрастаний. Концентрация хирономид уменьшается (минимальна между 1100 и 700 кал. л. н.), указывая на увеличение ско-

ростей седиментации, а видовое разнообразие растет. В пробах постоянно присутствуют речные таксоны, в связи с чем речной сток усиливается. Период между 1250 и 750 кал. л. н. характеризуется максимальной концентрацией биогенов в донных отложениях и наименьшей долей морских и солоновато-водных диатомовых в альгоценозах.

Реконструированные летние температуры растут и достигают наиболее высоких значений между 1250 и 990 кал. л. н. ($1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше современного). Период между 1250 и 750 кал. л. н. может быть ассоциирован со средневековым температурным оптимумом или теплой стадией Нара-Хейан-Камакура в Японии (1220–650 кал. л. н.), которая характеризовалась более теплыми зимой и летом [Sakaguchi, 1983]. Влияние моря на исследованный нами водоем незначительно, несмотря на то что этот период характеризуется трансгрессией [Sakaguchi, 1983; Razjigaeva et al., 2018]. Около 1 тыс. л. н. уровень моря был выше примерно на 1 м [Короткий и др., 1997]. Тем не менее следствием высокой влажности климата и значительного повышения количества осадков являлось усиление речного стока, что приводило к интенсивному развитию пресноводной флоры. Аналогичное снижение солености и заболачивание палеоозера около 1240 кал. л. н. обнаружено также на о. Шкота, юг Приморья [Razjigaeva et al., 2020]. На Курильских островах это событие было выражено слабо. На юге гряды (о. Кунашир) увеличилась роль дубов и других широколиственных. В растительности о. Шикотан преобладала пихта с максимумом около 1000–870 кал. л. н. На севере о. Уруп распространены березовые леса [Razjigaeva et al., 2013]. На юге континентального Дальнего Востока отклонение средней температуры от современного климата могло составить около $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Короткий и др., 1997].

После 750 кал. л. н. (до 200 кал. л. н.) доминирование диатомовых, характерных для мелководных олиготрофных водоемов, в присутствии ацидофилов свидетельствует о существовании мелководного олиготрофного водоема с признаками заболачивания, что подтверждается также преобладанием полуназемной фауны и снижением видового разнообразия хирономид в этот период. Реконструированные летние температуры снижаются ($1,5\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже современных). Это

подтверждает и высокое (до 26,1 %) содержание арктобореальных диатомей, значительное уменьшение доли пыльцы широколиственных и возрастание роли хвойных в растительных сообществах. Существенно ослаблено влияние моря, что находит отражение в практически полном отсутствии морских и солоновато-водных диатомей.

Обнаруженные изменения во флоре и фауне озера, а также в растительных сообществах указывают на похолодание, которое сопоставляется с малым ледниковым периодом, сопровождавшимся регрессией [Короткий и др., 1997]. В Японии регрессия Эдо выделена между второй половиной XVII в. и концом XIX в. [Sakaguchi, 1983].

Похолодание было ярко выражено в регионе [Bazarova et al., 2014]. В оз. Изюбриные Солонцы высокое содержание арктобореальных диатомей зафиксировано 770–400 кал. л. н. [Razzhigaeva et al., 2017]. В Японии среднегодовая температура снизилась на 1–2 °С, а количество осадков увеличилось [Taira, 1980; Sakaguchi, 1983; Kitagawa, Matsumoto, 1995]. На Курильских островах похолодание усиливалось смещением теплого морского течения к югу и усилением влияния холодного течения Оясио [Koizumi, 1994; Kawahata et al., 2003]. На о. Кунашир температура была примерно на 2 °С ниже современной [Demezhko, Solomina, 2009]. На юге Курил похолодание привело к уменьшению роли широколиственных, исчезновению дуба на о. Шикотан и распространению темнохвойных и березовых лесов. Малый ледниковый период на Центральных Курилах характеризовался увеличением влажности и толщины снежного покрова, а также интенсификацией торфонакопления [Razjigaeva et al., 2013].

Последний этап в развитии озера на берегу бухты Лангоу I (с 200 кал. л. н. до современности) характеризуется значительными флуктуациями в составе растительных сообществ, альгофлоре и фауне исследованного водоема, что находит отражение в вариациях значений осей PCA всех исследованных индикаторных групп (см. рис. 4–7). Среди диатомовых возрастает доля таксонов – индикаторов эвтрофных условий. Реконструированные по хирономидным сообществам летние температуры показывают потепление после 200 кал. л. н. Среди диатомовых снижается (1–4,8 %) доля аркто-

бореальных видов, и в палиноспектрах повышается доля хвойных. Обилие пыльцы хвойных в песке, оставленном цунами 26 мая 1983 г. [Ganzev et al., 2015], объясняется совпадением его образования с периодом пыления хвойных. Более активный снос пыльцы *Abies* и *Picea* показывает восстановление пихтово-еловых лесов на старых гарях в среднегорье [Атлас..., 2005].

Верхний горизонт представлен практически только полуназемным таксоном хирономид. Среди диатомовых повышается численность *Pinnularia borealis*, характерной для сухих обстановок. Это отвечает обмелению вплоть до полного пересыхания водоема.

ВЫВОДЫ

Комплексный палеоэкологический анализ озерно-болотных отложений показал, что развитие климатических и экологических условий на побережье Восточного Приморья в позднем голоцене проходило во многом синхронно с известными климатическими фазами Япономорского региона.

Теплый период, реконструированный примерно с 4200 по 2600 кал. л. н., соответствует первой и второй теплым стадиям японской культуры Дзёмон и поздней трансгрессии Дзёмон. Пик летних температур отмечен между 2900 и 2600 кал. л. н.

Похолодание после 2600 кал. л. н. было более умеренным, чем в Японии (холодные стадии Дзёмон и Кофун), с реконструированными температурами лишь на 1 °С ниже современных, при 2–3 °С ниже современного уровня в Японии.

Средневековый температурный оптимум (Нара-Хейан-Камакура в Японии) реконструирован для Восточного Приморья с 1250 и 750 кал. л. н. и характеризуется влажным климатом с летними температурами около 1,5 °С выше современных.

Период между 750 и 250 кал. л. н. ассоциируется с малым ледниковым периодом и снижением летних температур до 1,5–2 °С ниже современных. Последние 200 лет реконструирована тенденция к потеплению климата.

Влияние морских трансгрессий и регрессий хотя и заметно на протяжении всего исследованного времени, оказывается менее заметным в малый оптимум голоцена. По всей ви-

димости, объяснением этому может служить значительное усиление речного стока и распреснение водоема.

Исследование выполнено в рамках гранта Немецкого Научного общества (Deutscher Forschungsgemeinschaft, DFG, грант NA 760/5-1) и в рамках Государственного задания ТИГ ДВО РАН (тема, рег. № АААА-А19-119030790003-1). Использованы базы данных, созданные при поддержке гранта РФФ 20-17-00135. Авторы благодарят участников экспедиций в регион исследования и Н. П. Домра (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас лесов Приморского края. Владивосток: ДВО РАН, 2005. 76 с.
- Диатомовые водоросли СССР: (ископаемые и современные). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. Т. 1. 400 с.
- Короткий А. М., Гребенникова Т. А., Пушкарь В. С., Разжигаева Н. Г., Волков В. Г., Ганзей Л. А., Мохова Л. М., Базарова В. Б., Макарова Т. Р. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене – голоцене // Вестн. ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143.
- Покровская И. М. Методика камеральных работ // Палеопалинология. Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1966. Т. 1. С. 32–61.
- Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anissimova O. V. Diversity of algal indicators in environmental assessment. Tel Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
- Battarbee R. W. Diatom analysis // Handbook of Holocene Paleocology and Paleohydrology. London: Wiley & Sons, 1986. P. 527–570.
- Bazarova V. B., Grebennikova T. A., Orlova L. A. Natural-environment dynamics within the Amur Basin during the Neoglacial // Geogr. Nat. Res. 2014. Vol. 35, N 3. P. 275–283.
- Blaauw M., Christen J. A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. Vol. 6. P. 457–474.
- Brooks S. J., Diekmann B., Jones V. J., Hammarlund D. Holocene environmental change in Kamchatka: a synopsis // Glob. Planet. Change. 2015. Vol. 134. P. 166–174.
- Brooks S. J., Langdon P. G., Heiri O. The Identification and Use of Palaeoarctic Chironomidae Larvae in Palaeoecology. London: Quat. Res. Association, 2007. 276 p.
- Demezhko D. Y., Solomina O. N. Ground surface temperature variations on Kunashir island in the last 400 years inferred from borehole temperature data and tree-ring records // Doklady Earth Sciences. 2009. Vol. 426, N 1. P. 628–631.
- Druzhinina O., Kublitskii J., Nazarova L., Subetto D., Strykh L., Arslanov Kh., Stančikaitė M., Vaikutienė G., Kul'kova M. Palaeoenvironmental conditions in South-Eastern part of the Baltic region during the Late Pleistocene – Holocene transition (Kaliningrad District, Russia) // Boreas. 2020. Vol. 49, N 3. P. 544–561.
- Frolova L. A., Nazarova L., Pestryakova L., Herzsuh U. Analysis of the Effects of Climate-Dependent Factors on the Formation of Zooplankton Communities that Inhabit Arctic Lakes in the Anabar River Basin // Contemporary Problems of Ecology. 2013. Vol. 6, N 1. P. 1–11.
- Ganzev 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. Vol. 9, N 1. P. 64–79.
- Heusser C. J., Igarashi Y. Quaternary migration pattern of *Selaginella selaginoides* in the North Pacific // Arctic and Alpine Research. 1994. Vol. 26, N 2. P. 187–192.
- Hill M. O. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequence // Ecology. 1973. Vol. 54. P. 427–432.
- Hoff U., Biskaborn B. K., Dirksen V., Dirksen O., Kuhn G., Meyer H., Nazarova L., Roth A., Diekmann B. Holocene Environment of Central Kamchatka, Russia: Implications from a multi-proxy record of Two-Yurts Lake // Glob. Planet. Change. 2015. Vol. 134. P. 101–117.
- Juggins S. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization. C 2 Version 1.5 User guide. Newcastle u. Tyne: Newcastle University, 2007. 73 p.
- Kaufman D., McKay N., Routson C., Erb M., Davis B., Heiri O., Jaccard S., Tierney J., Dätwyler C. A global database of Holocene paleo-temperature record // Scientific Data. 2020. Vol. 7. 115 p.
- Kawahata H., Ohshima H., Shimada C., Oba T. Terrestrial-oceanic environmental change in the southern Okhotsk Sea during the Holocene // Quat. Int. 2003. Vol. 108. P. 67–76.
- Kitagawa H., Matsumoto E. Climatic implications of $\delta^{13}\text{C}$ variations in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) during the last two millennia // Geophys. Res. Lett. 1995. Vol. 22, N 16. P. 2155–2158.
- Kohfeld K. E., Harrison S. P. How well can we simulate past climates? Evaluating the models using global palaeoenvironmental datasets // Quat. Sci. Rev. 2000. Vol. 19, N 1. P. 321–346.
- Koizumi I. Spectral analysis of the diatom paleotemperature records at DSDP Sites 579 and 580 near the subarctic front in the western North Pacific // Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol. 1994. Vol. 108. P. 475–485.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. Teil 1: Naviculaceae, 1986. 876 p. Teil 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 1988. 536 p. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 1991a. 576 p. Teil 4: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, 1991b. 437 p.
- Meyer H., Chaplignin B., Hoff U., Nazarova L., Diekmann B. Oxygen isotope composition of diatoms as Late Holocene climate proxy at Two-Yurts-Lake, Central Kamchatka Russia // Glob. and Plan. Change. 2015. Vol. 134. P. 118–128.
- Nazarova L., Bleibtreu A., Hoff U., Dirksen V., Diekmann B. Changes in temperature and water depth of a small mountain lake during the past 3000 years in Central Kamchatka reflected by chironomid record // Quat. Int. 2017b. Vol. 447. P. 46–58.
- Nazarova L., Herzsuh U., Wetterich S., Kumke Th., Pestjakova L. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia // J. Palaeolim. 2011. Vol. 45. P. 57–71.

- Nazarova L., Pestryakova L. A., Ushnickaja L. A., Hubberten H.-W. Chironomids (Diptera: Chironomidae) of Central Yakutian lakes and their indicative potential for palaeoclimatic investigations // *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1, N 3. P. 335–345.
- Nazarova L. B., Self A. E., Brooks S. J., Solovieva N., Strykh L. S., Dauvalter V. A. Chironomid fauna of the lakes from the Pechora River basin (East of European part of Russian Arctic): ecology and reconstruction of recent ecological changes in the region // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017a. N 4. P. 350–362.
- Nazarova L., Self A., Brooks S. J., van Hardenbroek M., Herzsuh U., Diekmann B. Northern Russian chironomid-based modern summer temperature data set and inference models // *Glob. and Planet. Change*. 2015. Vol. 134. P. 10–25.
- Nazarova L., Verena de Hoog, Hoff U., Diekmann B. Late Holocene climate and environmental changes in Kamchatka inferred from subfossil chironomid record // *Quat. Sci. Rev.* 2013. Vol. 67. P. 81–92.
- R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, 2012. Vienna.
- Razjigaeva N. G., Ganzey L. A., Grebennikova T. A., Belyanina N. I., Mokhova L. M., Arslanov Kh. A., Chernov S. B. Holocene climatic changes and vegetation development in the Kuril Islands // *Quat. Int.* 2013. Vol. 290–291. P. 126–138.
- 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 // *J. Asian Earth Sci.* 2018. Vol. 158. P. 160–172.
- Razjigaeva N. G., Ganzey L. A., Lyashevskaya M. S., Makarova T. R., Kudryavtseva E. P., Grebennikova T. A., Panichev A. M., Arslanov Kh. A., Maksimov F. E., Petrov A. Yu., Malkov S. S. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time // *Quat. Int.* 2019. Vol. 516. P. 127–140.
- Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Grebennikova T. A., Kopteva T. A., Mokhova L. M., Panichev A. M., Kudryavtseva E. P., Arslanov Kh. A., Maksimov F. E., Petrov A. Yu., Klimin M. A. Environmental changes recorded in deposits of the Izyubrinnye Solontsi Lake, Sikhote-Alin // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017. Vol. 10, N 4. P. 441–453.
- Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Makarova T. R., Kornysheenko T. V., Ganzei K. S., Sudin V. V., Kharlamov A. A. Paleolake of Shkot Island (Peter the Great Gulf): natural archives of climatic and landscape vegetation // *Geosystems of Transition Zones*. 2020. Vol. 4. N 2. P. 230–249.
- Rudaya N., Nazarova L., Novenko E., Andreev A., Kalugin I., Daryin A., Babich V., Li H.-Ch., Shilov P. Mid Holocene climate and vegetation in the Northern Altay mountains recorded in Lake Teletskoe // *Glob. and Planet. Change*. 2016. Vol. 141. P. 12–24.
- Sakaguchi Y. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation // *Bull. Dep. Geogr. Univ. Tokyo*. 1983. Vol. 15. P. 1–31.
- Smol J. P. Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective. New York: Arnold Publishers London: Oxford University Press, 2002. 280 p.
- Solovieva N., Klimaschewski A., Self A. E., Jones V. J., Andrén E., Andreev A. A., Hammarlund D., Lepskaya E. V., Nazarova L. Holocene environmental history of a small coastal lake from north-eastern Kamchatka Peninsula // *Global and Planet. Change*. 2015. Vol. 134. P. 55–66.
- Subetto D. A., Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Strykh L. S., Andronikov A. V., Biskaborn B., Diekmann B., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Grekov I. M. Palaeolimnological studies in Russian Northern Eurasia: A review // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017. N 4. P. 327–335.
- Strykh L. S., Nazarova L. B., Herzsuh U., Subetto D. A., Grekov I. M. Reconstruction of palaeoecological and palaeoclimatic conditions of the Holocene in the south of Taimyr according to the analysis of lake sediments // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017. N 4. P. 363–369.
- Taira K. Environmental changes in Eastern Asia during the past 2000 years. Volcanism, tectonism, climate and palaeoceanology // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1980. Vol. 32. P. 89–97.
- ter Braak C. J. F., Prentice I. C. A theory of gradient analysis // *Adv. Ecol. Research*. 1988. Vol. 18. P. 271–317.
- Wiederholm T. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1. Larvae. *Entomologica Scandinavica*, Borgströms Tryckeri AB, Motala, Lund, Sweden. 1983. Suppl. 19. 457 p.
- Yasuda Y. Climatic changes and the development of Jomon Culture in Japan. In: *Nature and Humankind in the Age of Environmental Crisis* // *Proc. of the VIth Int. Symp. at the Int. Res. Centre for Japanese Studies*. 1995. P. 57–77.
- Zhilich S., Rudaya N., Krivonogov S., Nazarova L., Pozdnyakov D. Environmental dynamics of the Baraba forest-steppe over the last 8000 years and their impact on the types of economic life of the population // *Quat. Sci. Rev.* 2017. Vol. 163. P. 152–161.

Development of the late Holocene ecological environments in Eastern Primorye (Russian Far East)

L. B. NAZAROVA^{1, 2, 3}, N. G. RAZJIGAEVA⁴, L. V. GOLOVATYUK⁵, B. C. BISKABORN²,
T. A. GREBENNIKOVA⁴, L. A. GANZEY⁴, L. M. MOKHOVA⁴, B. DIEKMANN^{1, 2}

¹*Potsdam University, Institute of Geosciences
Germany, 14476, Potsdam, Karl-Liebknecht-Straße 24–25/Haus, 27
E-mail: Larisa.nazarova@awi.de*

²*Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Center for Polar- and Marine Research,
Germany, 14473, Potsdam, Telegrafenberg, A43*

³*Kazan (Volga) Federal University
420000, Kazan, Kremlyovskaya str., 18*

⁴*Pacific Geographical Institute of FEB RAS
690041, Vladivostok, Radio str., 7
E-mail: nadyar@tigdvo.ru*

⁵*Samara Federal Research Scientific Center of RAS
Institute of Ecology of Volga River Basin of RAS
445003, Togliatti, Komzina str., 10
E-mail: gollarisa@mail.ru*

A 115 cm long section of lacustrine-wetland sediments from Langou I Bay (Eastern Primorye; 44°25'10,16", 135°54'26,08") has been studied. According to the developed age model, the age of the deposits was 3900 years. We performed a multi-proxy study using the methods of geochemical, chironomid, diatom, and palynological analyzes. Our investigation has shown that the development of climatic and ecological conditions on the coast of the Eastern Primorye in many respects developed synchronously with the climatic phases known for the late Holocene. Period from about 4200 to 2600 cal years BP corresponded to the first and second warm of the Japanese Jomon stages and the late Jomon transgression. The peak of summer temperatures in the area took place between 2900 and 2600 cal years BP. Cooling after 2600 cal years BP was less pronounced than in Japan (Jomon and Kofun cold stages). The reconstructed temperatures were 1 °C lower than today, while in Japan the temperatures were 2–3 °C lower than in modern time. The Medieval Climatic Optimum (Nara-Heian-Kamakura stage in Japan) was reconstructed for Eastern Primorye from 1250 to 750 cal years BP. During this period the climate was humid with summer temperatures about 1,5 °C higher than in modern time. The period between 750 and 250 cal years BP could be associated with the Little Ice Age and was characterized by a decrease in summer temperatures by 1,5–2 °C below modern level. The last 200 years have been marked by shallowing of the lake to an almost complete drying out. This period is characterized by temperature fluctuations and a warming trend.

Key words: South Far East, ecological environments, late Holocene climate, paleolake, chironomids, diatoms, pollen.