

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

УДК 911:551.89(235.47+571.63+511+519.3)

ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЮГЕ РОССИЙСКОГО
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

© 2019 г. П. С. Белянин^{1, *}, П. М. Андерсон^{2, **}, А. В. Ложкин^{3, ***},
Н. И. Белянина¹, Х. А. Арсланов^{4, ****}, Ф. Е. Максимов⁴, Д. А. Горнов⁴

¹ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Вашингтонский Университет, Сиэтл, США

³ФГБУН Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило,
г. Магадан, Россия

⁴ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: pavelbels@yandex.ru

**e-mail: pata@u.washington.edu

***e-mail: loshkin@neisri.ru

****e-mail: arslanovkh@mail.ru

Поступила в редакцию 23.10.2017 г.; после доработки 01.06.2018 г.; принята в печать 30.11.2018 г.

Приведены результаты биостратиграфического анализа донных отложений оз. Карасье, оз. Утиное и оз. Круглое, а также рыхлых осадков аккумулятивных равнин в приустьевых частях рр. Туманная и Пойма на юге Дальнего Востока. По комплексу данных реконструированы природные условия и восстановлена периодичность изменений растительности в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор и на приморских равнинах залива Петра Великого в среднем и позднем голоцене. Выявлена синхронность развития растительных формаций и изменений условий осадконакопления и глобальными колебаниями климата. Первая, среднеголоценовая стадия протекала в условиях общепланетарного повышения среднегодовых температур, сопровождавшегося затоплением низменных равнин побережья Японского моря морскими водами. В отрогах Восточно-Маньчжурских гор увеличивалось распространение и видовое разнообразие широколиственных растений. В оптимум голоцена сформировались полидоминантные леса с более богатым составом пород, чем в настоящее время, а на предгорных аккумулятивных равнинах – осоковые и разнотравные луга. Вторая, позднеголоценовая стадия, характеризуется снижением среднегодовых температур и сериями климатических изменений. Ее начало ознаменовало похолодание, во время которого прибрежные низменности освободились от морских вод. Ухудшение климата вызвало экспансию в Восточно-Маньчжурских горах темнохвойных и мелколиственных растений, а также сокращение полидоминантных лесов. На предгорных равнинах вблизи побережья залива Петра Великого были развиты осоковые луга, местами встречались заросли кустарниковой березки (*Betula* sect. *Nanae*) и сфагновые болота. В конце позднего голоцена вновь произошло потепление. На склонах Восточно-Маньчжурских гор стали преобладать растительные формации с доминированием дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) и дуба зубчатого (*Quercus dentata* Thunb.), пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.), сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) и присутствием берез. Увеличилось распространение сосны (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), ильма (*Ulmus* sp.), граба сердцелистного (*Carpinus cordata* Blume) и клена (*Acer* sp.). На предгорных низменностях преобладали осоково-вейниковые луга с разнотравьем.

Ключевые слова: климатические изменения, растительность, биостратиграфия, прибрежные отложения, средний-поздний голоцен, Восточно-Маньчжурские горы, Залив Петра Великого.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019269-84>

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ. ВВЕДЕНИЕ

Ретро-спективный анализ закономерностей развития природной среды прибрежных областей имеет большой научный интерес и актуальность. Для детализации полученных материалов

необходимо как можно большее количество высоко разрешающих региональных записей, фиксирующих влияние климатических флуктуаций на ландшафтные компоненты. Это позволяет не только детализировать этапы развития в про-

шлом, но и представить вероятные сценарии ее эволюции в будущем.

Особенно интересны для решения таких задач оптимальный и пост-оптимальный периоды голоцена, когда условия климатической системы Земли по сравнению с глубокими сдвигами в ледниково-межледниковые циклы существенно не изменялись. Их можно рассматривать как ближайший палеоаналог глобального потепления на Земле на 1°C.

В этом отношении информативным объектом для оценки влияния климатических колебаний на растительность являются приморские равнины залива Петра Великого и предгорья Восточно-Маньчжурских гор, расположенные на стыке флористических провинций, где многие растения произрастают вблизи границ своих ареалов. Здесь даже незначительные климатические колебания в голоцене выразились в заметных изменениях структуры растительных формаций [2].

Несмотря на большое число работ по палеогеографии голоцена Юга Дальнего Востока [1, 2, 7, 8, 10, 11, 14], развитие природных систем этого района в среднем-позднем голоцене еще недостаточно детально изучено. Это обусловлено малым количеством разрезов, непрерывно фиксирующих влияние короткопериодных климатических осцилляций на ландшафты.

В связи с работами Российско-Американской экспедиции “Paleoenvironmental Arctic Sciences”, Амурской партии Гидрогеологической экспедиции ПГО “Приморгеология” и нашими исследованиями, представилась возможность на основе биостратиграфического расчленения разнофациальных отложений озерных котловин, речных террас и приморских равнин получить новые данные по эволюции экосистем прибрежных равнин залива Петра Великого и предгорий Восточно-Маньчжурских гор.

Цель настоящей работы – реконструировать природные условия и установить периодичность изменений растительности на приморских равнинах залива Петра Великого и в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор в среднем-позднем голоцене.

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Восточно-Маньчжурские горы – северо-западная часть Маньчжуро-Корейских гор, расположенных на Корейском п-ове, северо-востоке Китая и крайнем Юге Дальнего Востока. Этот район, лежащий в зоне контакта Маньчжурской и Северо-Китайской флористических провинций, известен видовым богатством растительности [5, 15]. Здесь встречаются растения, произрастающие на границе своего распространения,

чутко реагирующие на слабые абиотические изменения. Из них: лианы – пуэрария волосистая (*Pueraria hirsuta*) и девичий виноград (*Vitis hederacea*) – представители субтропического климата Юго-Восточной Азии.

В отрогах Восточно-Маньчжурских гор преобладают полидоминантные леса. Основное ядро в них составляют дуб монгольский и зубчатый, липа амурская (*Tilia amurensis*), орех маньчжурский (*Juglans mandschurica*), граб сердцелистный, лещина маньчжурская (*Corylus mandshurica*), клен мелколистный (*Acer mono*), клен ложнозибольдов (*Acer pseudosieboldianum*), клен Комарова (*Acer komarovii*), береза даурская (*Betula davurica*), береза Шмидта (*Betula schmidtii*) и другие растения. Хвойные породы – пихта белокорая (*Abies nephrolepis*), пихта цельнолистная, ель аянская (*Picea jezoensis*) и сосна корейская встречаются в основном вблизи главного водораздела, а сосна густоцветковая – на скальных склонах.

На аккумулятивных равнинах залива Петра Великого развиты луга из тростника обыкновенного (*Phragmites australis*), вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorfii*), осоки дернистой (*Carex cespitosa*) и других влаголюбивых трав. На увалах и террасах обычны луга из мискантуса сахароцветного (*Mischantus sacchariflorus*) и разнотравья [3, 15].

Комплекс водной растительности пресноводных озер представлен “плавнями”, основу которых составляют водяной рис (*Zizania latifolia*), айр болотный (*Acorus calamus*), тростник обыкновенный, камыш Табернемонтана (*Scirpus tabernaemontani*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и рогоз Лаксмана (*Typha laxmannii*). Открытые участки водоемов занимают заросли лотоса (*Nelumbo komarivii*), бразении (*Brasenia schreberi*), водяных орехов (*Trapa* spp.), пузырчатки промежуточной (*Utricularia intermedia*), кубышки малой (*Nuphar pumilum* DC.), кувшинки (*Nymphaea tetragona*), рдеста (*Potamogeton* sp.) и других водных трав [15].

Объектом настоящего исследования являются отложения оз. Карасье, оз. Утиное и оз. Круглое, а также аккумулятивных равнин и речных террас в приустьевых частях рр. Туманной и Поймы (рис. 1, табл. 1).

Бурение скважин на оз. Карасье и оз. Утиное (по одной на каждом озере) осуществлялось с плавучей платформы на катамаране с помощью поршневого пробоотборника системы Ливингстон. Керн извлекался секциями, длина которых составляла 1 м, а диаметр – 5 см. В случае высокой плотности осадков извлекались короткие секции керна. Пробы отбирались через 5–10 см.

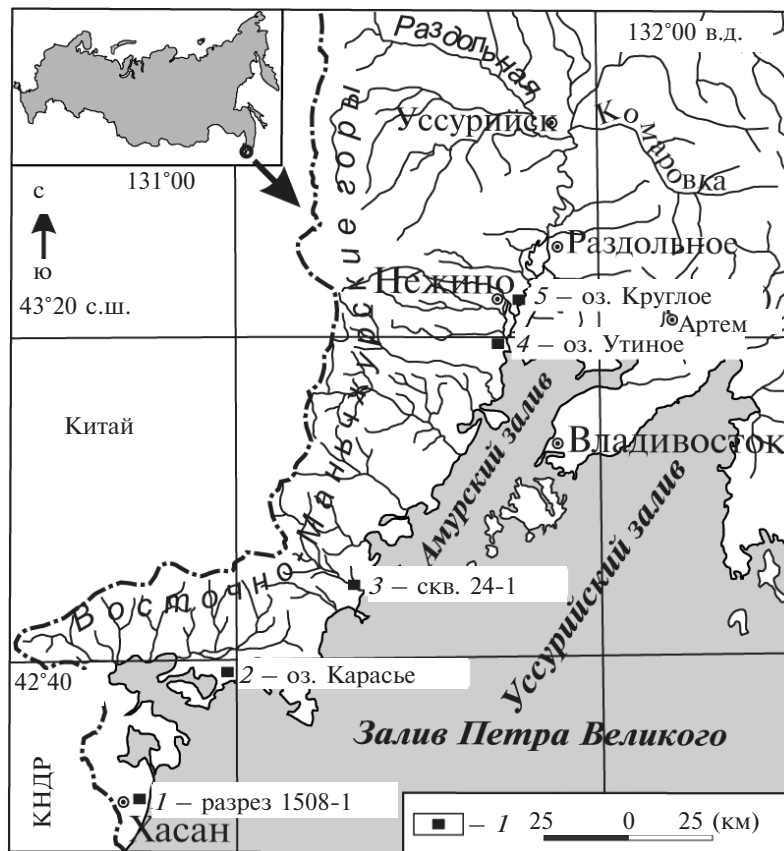


Рис. 1. Схема расположения изученных скважин и разрезов.

1 – разрез 15-08, 2 – скв. оз. Карасье, 3 – скв. 24-1, 4 – скв. оз. Утиное, 5 – скв. оз. Круглое.

Скважины на надпойменной террасе в приустьевой части р. Пойма (скв. 24-1) и со льда оз. Круглое пробурены буровой установкой на базе автомобиля ГАЗ-66. Разрез 1508-1 заложен на морском валу, шурфовкой проходкой. Отбор проб осуществлен с интервалами 10–20 см.

Датирование древесины и других растительных остатков радиоуглеродным методом

осуществлялось в Центре ускорительной масс-спектрометрии Лауренс Ливермор Национальной лаборатории Департамента Энергии Калифорнийского университета (Т.А. Браун) и в геохронологической лаборатории СПбГУ (Х.А. Арсланов и Ф.Е. Максимов). Калибровка радиоуглеродных дат в календарные сделана с помощью программы “CalPal” [24].

Таблица 1. Географическое и геоморфологическое положение изученных разрезов и скважин

Название, географическое положение	Абс. высота поверхности или водного зеркала/глубина озера, м
Сква. 24-1. Высокая пойменная терраса р. Пойма, в 3.8 км от современной береговой линии моря 42°50'38" с. ш., 131°19'43" в. д.	5.3
Разрез 1508-1. Береговой вал на морском побережье, в 10.5 км северо-восточнее устья р. Туманной (42°22'49" с. ш., 130°45'17" в. д.)	2.8
Озеро Карасье (42°39'28" с.ш., 130°58'30" в.д.), голоценовая терраса Японского моря в 850 м севернее современной береговой черты	0.2/1.5
Озеро Круглое (43°37'23.92" с.ш., 131°54'02.08" в.д.), высокая пойменная терраса р. Раздольной, вблизи пос. Тереховка	3.1/2.0
Озеро Утиное (43°22'34.07" с.ш., 131°45'17.62" в.д.), лагунная терраса в приустьевой части долины р. Раздольная	0.3/3.5

Палиноспектры были получены Н.И. Беляниной в 80 пробах. Просмотр с фотодокументацией препаратов, приготовленных по методу Поста [12], осуществлялся под световым микроскопом Axio Scope.A1 (Carl Zeiss). Пыльца и споры определялись по возможности до вида. В случае микроморфологически слабо индентифицируемых микрофоссилий их определение проводилось до рода или семейства. Расчет индивидуальных таксонов выполнен по группам: пыльца деревьев и кустарников; пыльца трав и кустарников; споры. Содержание пыльцы водных растений рассчитано по отношению к общей сумме пыльцы наземных растений.

Диатомовый анализ и специализированная обработка проб проводились по стандартной методике [4] [Е.И. Царько] (ПГО «Приморгеология») и Т.А. Гребенниковой (ТИГ ДВО РАН).

В целом для корреляции полученных биостратиграфических данных голоцена использована стратиграфическая схема четвертичного периода, предлагаемая Подкомиссией по четвертичной стратиграфии и рабочей группой INTIMATE [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изученные разрезы и скважины вскрывают глины, илы, алевриты, суглинки, супеси, мелкозернистые пески (размеры частиц 0.005–0.25 мм) и водорослевой торф, с включениями растительного детрита и морской ракушки. Отложения накапливались в среднем и позднем голоцене, о чем свидетельствуют полученные радиоуглеродные даты и таксономический состав палиноспектров (табл. 2).

Таблица 2. Список радиоуглеродных дат из донных отложений оз. Карасье, оз. Утиное и разреза 1508-1

Место отбора	Глубина отбора, м	Материал	Лабораторный номер	¹⁴ C возраст, лет назад	Калиброванный возраст, лет назад	Локальные палинозоны (ЛПЗ)
Разрез 1508-1	2.88-2.73	погребенная почва	ЛУ-7961	2460±100	2540±130	4
	1.52-1.44		ЛУ-7960	1930±100	1880±130	
	0.65-0.57		ЛУ-7959	1360±60	1280±60	
Оз. Карасье	1.40–1.37	семена, древесина, древесный уголь	CAMS # 73290	7550±40	8374±23	1
	1.30–1.21	семена	CAMS # 74347	5780±40	6582±54	2
	1.04–1.03	семена, древесный уголь	CAMS # 71814	5050±40	5813±63	
	0.77–0.74	семена	CAMS # 74346	4890±40	5632±26	3
	0.67–0.60	семена	CAMS # 73288	4300±40	4894±44	
	0.45–0.43	семена	CAMS # 74344	3870±40	4311±71	
Оз. Утиное	4.71–4.68	древесина, древесный уголь	CAMS # 73295	5000±80	5763±98	2
	3.47–3.45	древесина	CAMS # 76800	3920±40	4356±59	3
	2.46–2.45	растительный детрит	CAMS # 75544	3890±40	4329±64	
	2.23–2.21	растительный детрит	CAMS # 76799	2510±60	2589±109	4
	1.30–1.27	древесина, листья	CAMS # 76798	1810±60	1736±80	

Наиболее высокие скорости осадконакопления отмечены для разреза 1508-1 (2.88–2.73 м за 2540 ± 130 калибров. лет) и колонки оз. Утиное (2.83 м в среднем голоцене и 3.32 м в позднем голоцене). Скорость седиментации донных отложений оз. Карасье заметно ниже: в среднем голоцене она составила 0.94 м, а в позднем голоцене снизилась до 0.38 м (рис. 2). По всей видимости, интенсивность накопления осадочных толщ обусловлена местными природными

условиями. Так, оз. Карасье приурочено к небольшому водосборному бассейну, дренируемому низкопорядковым водотоком, а разрез 1508-1 и оз. Утиное – к приустьевым участкам долин крупных рек – Туманной и Раздольной, имеющих значительный твердый сток.

Наиболее информативные палинологические результаты получены по скважине оз. Карасье. Вскрытые бурением отложения, представлены следующими пачками (рис. 3).

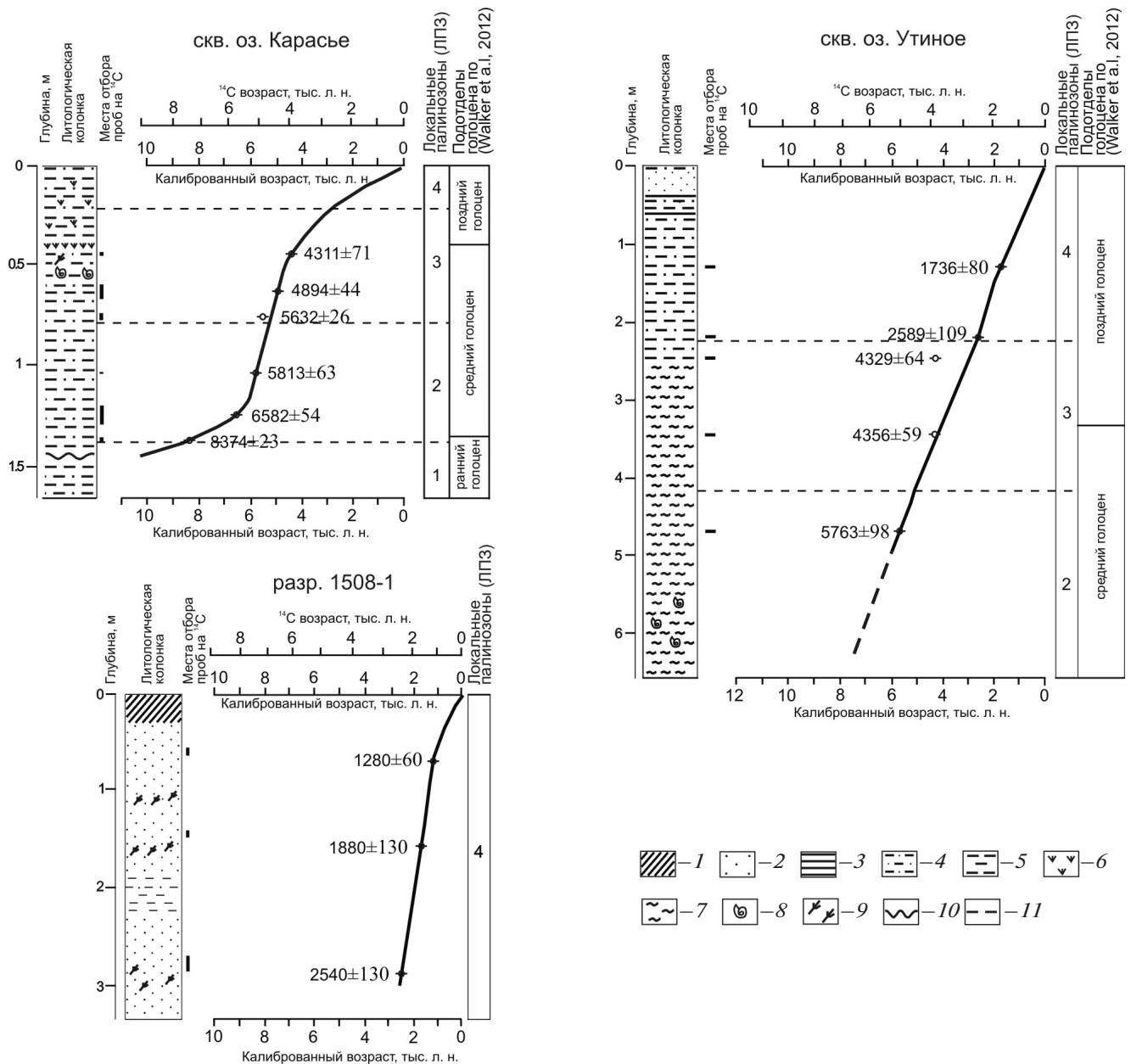


Рис. 2. Распределение радиоуглеродных дат по колонкам донных отложений оз. Карасье, оз. Утиное и разрезу 1508-1. 1 – почва современная, 2 – песок, 3 – глина, 4 – алеврит, 5 – суглинок, 6 – водорослевой торф, 7 – ил, 8 – морская ракушка, 9 – растительный детрит, 10 – перерыв в осадконакоплении, 11 – границы локальных палинозон.

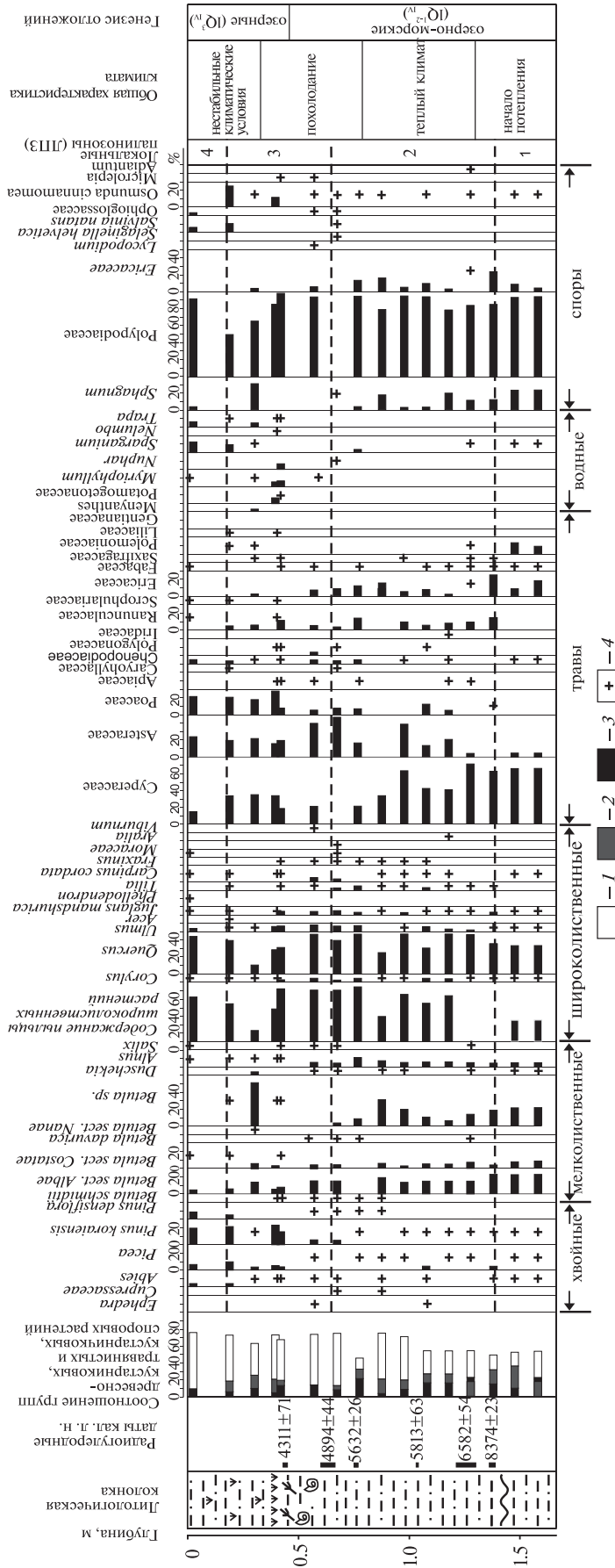


Рис. 3. Спорно-пылевая диаграмма по донным отложениям скважины оз. Карасье. Условные обозначения см. рис. 2. Соотношение групп растений: 1 – деревья и кустарников, 2 – трав и кустарничков, 3 – спор, 4 – содержание пыльцы и спор в палиноспектрах менее 3%.

Литология	Интервал, м
Алеврит серый	0–0.04
Алеврит серый с водорослевым торфом	0.04–0.36
Водорослевой торф	0.36–0.4
Алеврит серый, плотный с растительным детритом	0.36–0.48
Алеврит, с ракушей и со следами ожелезнения	0.48–0.59
Алеврит желтый со следами ожелезнения	0.59–0.7
Алеврит серый	0.7–1.2
Алеврит светло-серый, в нижней части горизонта с черной органикой	1.2–1.65

По результатам спорово-пыльцевого анализа разнофациальных отложений выделено четыре локальные палинозоны (ЛПЗ).

ЛПЗ 1 (1.65–1.38 см). Ведущую роль в палиноспектре играет пыльца древесных растений, среди которой первостепенна роль представителей неморальной флоры: дуба (*Quercus* sp.) (до 38.9%), ильма (*Ulmus* sp.) (до 9.3%) и ореха маньчжурского (1.7–7.1%). Единично встречается пыльца клена, липы (*Tilia* sp.), лещины (*Corylus* sp.) и граба сердцелистного. Среди мелколиственных растений заметно присутствие березы обыкновенной (*Betula* sect. *Albae*) (7.0–9.3%), гибридных берез (*Betula* sp.) (19.8–21.4%) и березы ребристой (*Betula* sect. *Costatae*) (5.7–9.7%). Роль хвойных невелика, в небольших количествах отмечены пыльцевые зерна сосны корейской, пихты (*Abies* sp.) и ели (*Picea*). В группе трав доминирует пыльца семейств осоковых (Cyperaceae Juss.) (62.3–69.4%), синюховых (Polemoniaceae Juss.) (до 11.8%), вересковых (Ericaceae Juss.) (8.2–24.3%) и прибрежно-водного растения – ежеголовника (*Sparganium* sp.). В группе споровых растений преобладают споры семейства многоножковых (Polypodiaceae Bercht. et J. Presl) (82.8–91.5%) и сфагнового мха (*Sphagnum* sp.) (12.5–22.3%).

ЛПЗ 2 (1.38–0.66 м). Основной фон в палиноспектре создает пыльца древесных растений, в которой высоко содержание дуба (22.7–49.3%). Ему сопутствуют пыльцевые зерна ильма (до 9.1%), ореха маньчжурского (2.6–8.0%), липы (2.3–6.4%), лещины (2.7–5.7%), граба сердцелистного (до 5.2%), ясеня (*Fraxinus* sp.), аралии (*Aralia* sp.) и семейства тутовых (Moraceae Link). В группе мелколиственных растений доминирует пыльца гибридных берез (4.7–32.9%), березы обыкновенной (до 21.4%), ольхи (*Alnus* sp.) (6.1–11.8%) и березы ребристой (до 8.5%). Отмечено присутствие пыльцевых зерен кустарниковой

ольхи (*Duschekia* sp.) и ивы (*Salix* sp.). В группе хвойных растений встречается пыльца сосны корейской (до 5.1%), ели (до 3.4%), пихты и семейства кипарисовых (Cupressaceae Rich. ex Bartl.). Среди травянистых растений преобладают пыльцевые таксоны семейств осоковых (до 71.0%), сложноцветных (Asteraceae Dumort.) (до 48.7%), злаковых (Poaceae Barnhart) (до 12.9%), вересковых (1.6–23.2%) и лютиковых (Ranunculaceae Juss.) (до 12.1%). Присутствует пыльца семейств зонтичных (Apiaceae Lindl.), маревых (Chenopodiaceae Vent.), гречишных (Polygonaceae Juss), бобовых (Fabaceae Lindl.) и др. Присутствуют пыльцевые зерна водного растения – ежеголовника (до 4.5%). Среди споровых растений доминируют споры семейства многоножковых (83.4–98.3%), сфагнового мха (до 20.8%), среди которых встречается чистоуст (*Osmunda* sp.).

ЛПЗ 3 (0.66–0.18 м). Основу палиноспектра составляет пыльца мелколиственных растений, в котором господствующее положение занимают гибридные березы (до 51.8%), береза обыкновенная (5.2–14.8%), береза ребристая (до 2.3–4.6%) и кустарниковая ольха (до 5.2%). В небольшом количестве встречается пыльца древесной ольхи и березы Шмидта. Отмечено присутствие умеренно-термофильных таксонов – дуба (9.8–47.0%), ильма (до 2.4–9.3%), лещины (2.3–5.5%), ореха маньчжурского, граба сердцелистного, липы и ясеня. В группе хвойных растений содержание пыльца сосны корейской достигает (7.0–22.4%), ели (2.5–8.8%) и пихты (2.3–6.2%). Появляется пыльца сосны густоцветковой. Среди трав доминируют представители семейств осоковых (20.4–36.7%), злаковых (6.8–28.6%), сложноцветных (18.2–38.2%) и лютиковых (2.7–11.8%). Отмечены пыльцевые зерна водных и прибрежно-водных растений – водяного ореха (до 4.6%), урути (до 1.4–8.7%), вахты (*Menyanthes* sp.) (до 4.7%)

и ежеголовника (до 9.4%). Среди споровых растений преобладают споры семейства многожковых (51.3–99.2%), сфагнового мха (до 32.4%) и чистоуста (2.5–27.3%).

ЛПЗ 4 (0.18–0 м). Палиноспектр характеризуется высоким содержанием пыльцы хвойных и широколиственных растений, среди которых доминирует сосна корейская (20.0–22.4%), сосна густоцветковая (8.2–10.3%), ель (7.2–9.9%), дуб (41.4–43.6%) и ильм (1.5–5.2%). Единично отмечены пыльцевые зерна ореха маньчжурского, бархата (*Phellodendron* sp.), клена, липы, граба сердцелистного и семейства тутовых. Присутствует пыльца мелколиственных растений – березы обыкновенной (7.7–8.3%), березы ребристой и ольхи. Среди травянистых растений велика доля семейств осоковых (18.2–27.6%), сложноцветных (19.8–23.2%), злаковых (19.5–22.6%), а также водных и прибрежно-водных растений – ежеголовника (10.4–12.0%) и водяного ореха (2.8–9.7%). Встречаются пыльцевые зерна урути. Велико содержание спор семейства многожковых (49.1–90.7%), осмунды (до 27.3%), сальвинии плавающей (*Salvinia natans* (L.) All.) (до 4.2–10.3%) и семейства уховниковых (Ophioglossaceae (R. Br. Agardh)) (до 4.2%).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты палинологического исследования отложений высокой пойменной террасы р. Пойма (скв. 24-1), берегового вала в приустьевой части р. Туманной (разрез 1508-1), оз. Карась, оз. Утиное и оз. Круглое, подкрепленные результатами диатомового и радиоуглеродного анализов, позволили реконструировать природные условия и установить периодичность изменений в растительности на приморских равнинах залива Петра Великого и в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор в среднем и позднем голоцене.

Эволюцию растительности в начале первой, среднеголоценовой стадии, начавшейся при переходе от раннего голоцена к среднему, отражают пыльцевые спектры донных отложений ЛПЗ 1 оз. Карась, выделенные из слоя алевролита в интервале глубин (инт. гл.) 1.65–1.38 м, из которого получена ^{14}C дата о накоплении осадков 8374 ± 23 калибров. л. н. (СAMS # 73290) (см. табл. 2, рис. 3). Палиноспектры свидетельствуют о высокой доле широколиственных пород в растительных формациях, что является индикатором теплого климата. На склонах Восточно-Маньчжурских гор доминировали леса из дуба, ильма, березы с участием сосны корейской, пихты цельнолистной, граба и берез. На прибрежных низменностях, где уже практически исчезли элементы растительности поздне-

го плейстоцена и раннего голоцена – заросли ольховника и сфагновые болота [2], распространились осоково-разнотравные луга. Отсутствие в палиноспектрах пыльцы водных растений, обитающих только в пресноводных водоемах, свидетельствует о проникновении в прибрежные озера морских вод и образовании лагун.

Ранее, близкие по возрасту и генезису отложения вскрыты Б.И. Павлюткиным, Н.И. Беляниной [11] и Е.А. Элбакидзе [16] на надпойменной террасе р. Раздольной в 23 км от берега моря. Из слоя, датированного (^{14}C 8077 ± 111 калибров. л.н.) выделен диатомовый комплекс, состоящий из озерных и солоноватоводно-морских диатомей, что говорит о начинающемся повышении уровня моря.

Как свидетельствуют палиноспектры ЛПЗ 2, в оптимум голоцена в отрогах Восточно-Маньчжурских гор наиболее широкое развитие получали полидоминантные леса с участием дуба, липы, граба и березы Шмидта. По всей видимости, дуб был представлен двумя видами – дубом монгольским и дубом зубчатым. В это же время, вероятно, вследствие возрастания сухости климата, в растительных формациях заметно снижалось участие сосны корейской, однако появилась сосна густоцветковая.

Данная фаза эволюции природной среды зафиксирована в донных отложениях оз. Круглое (инт. гл. 5.1–2.92 м) (см. табл. 2, рис. 5), оз. Карась (инт. гл. 1.35–0.65 м), датированных по ^{14}C 6582 ± 54 калибров. л.н. (СAMS # 74347), 5813 ± 63 калибров. л.н. (СAMS # 71814) калибров. л.н. и 5632 ± 26 калибров. л.н. (СAMS # 74346) (см. табл. 2, рис. 3), скв. 24-1 (5.2–3.9 м) (см. табл. 2, рис. 4) и в оз. Утиное (инт. гл. 6.2–2.2 м) ^{14}C 5763 ± 98 калибров. л.н. (СAMS # 73295) (см. табл. 2, рис. 5). Ранее подобные материалы получены Ю.А. Микишиным и др. [10], Б.И. Павлюткиным и Н.И. Беляниной [11].

Таксономический состав ЛПЗ 1 и 2 демонстрирует, что в среднем голоцене на Юге Дальнего Востока происходили пространственные миграции растений, достигшие наибольших масштабов в оптимум голоцена. По всей видимости, в результате смещения границ флористических провинций к северу на прибрежных равнинах залива Петра Великого и в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор произрастало больше, чем в настоящее время видов из Северо-Китайской флористической провинции. Так, обнаруженные нами в отложениях оптимума голоцена пятипоровые пыльцевые зерна граба (*Carpinus* sp.), свидетельствуют, что, по всей видимости, на юге Приморья кроме граба сердцелистного встречался еще один вид из этого же рода. Стоит отметить, что сейчас южнее

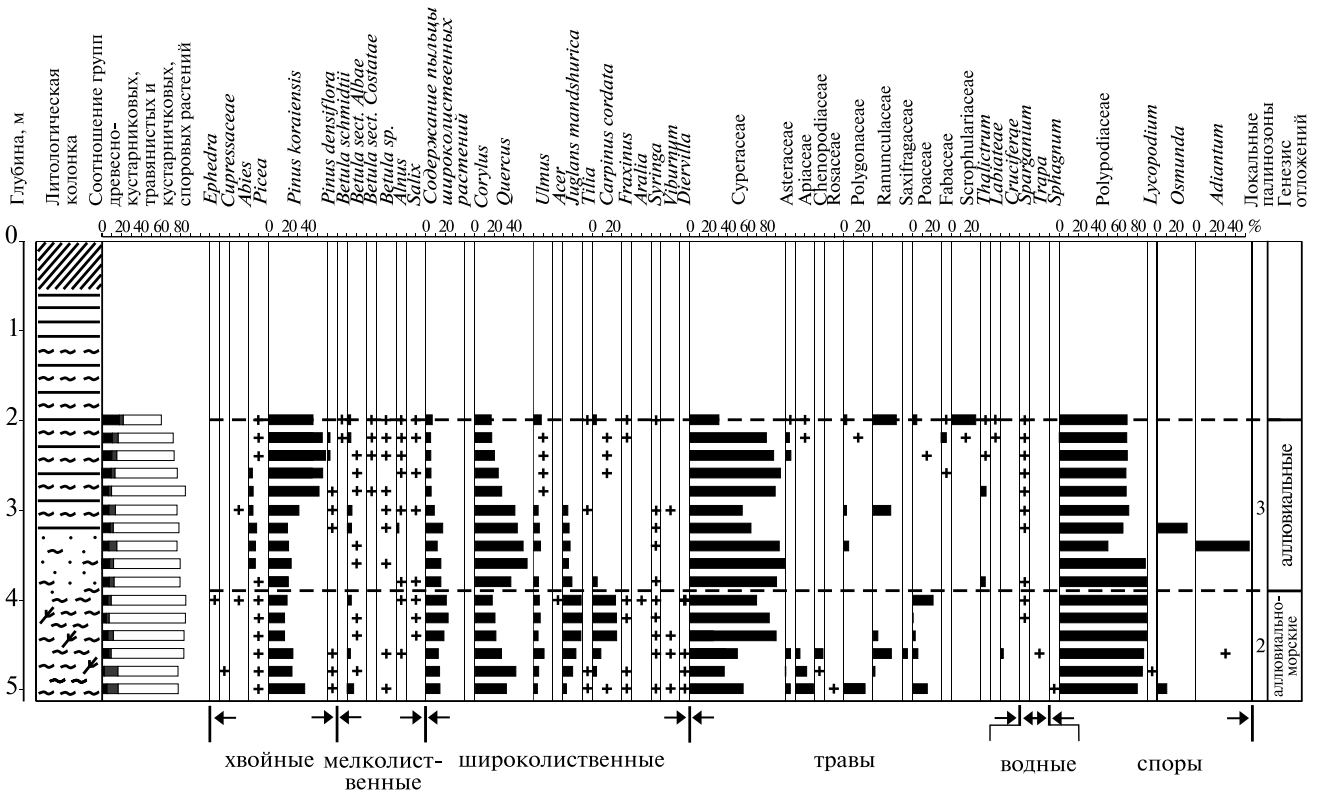


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений высокой пойменной террасы р. Пойма (скв. 24-1). Условные обозначения см. рис. 2, 3.

40° с.ш. в Коре и на северо-востоке Китая род граб насчитывает 7 видов, а роды дуб и сосна (*Pinus* sp.) – по 9 видов. В то же время в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор встречается только дуб монгольский и дуб зубчатый, сосна корейская и сосна густоцветковая [5, 15].

Кроме того, важным событием среднего голоцена была трансгрессия Японского моря (+ 2–3 м), затопившая низменные участки [6]. О проникновении морских вод в прибрежные озера, устья рек и образовании лагун свидетельствует солоноватоводный диатомовый комплекс в скв. 24-1 (глубина 4.2 м) и колонке оз. Утиное (инт. гл. 6.15–3.5 м) (рис. 7). Ранее материалы о теплых условиях в оптимум голоцена и повышении уровня моря получены Ю.А. Микишиным и др. [10], Л.Б. Хершбергом и др. [14], а также Я.В. Кузьминым [8] для залива Петра Великого, Б.И. Павлюткиным и Н.И. Беляниной для нижнего течения р. Раздольная [11], а Chen et al. [18] для дельты р. Янцзы и М. Umitsu для Японских островов [21].

Вторая, позднеголоценовая стадия развития природной среды сопровождалась снижением среднегодовых температур. Полученные палинологические данные показывают, что изменения растительности носили волнообразный характер,

обусловленный цикличностью изменений климата [23].

Начало этой стадии фиксируется небольшим уменьшением пыльцы широколиственных пород в ЛПЗ 3 в скв. 24-1 (инт. гл. 3.9–2.0 м) (см. рис. 4), донных отложениях оз. Круглое (инт. гл. 2.92–1.6 м) (см. рис. 5), оз. Карасье (инт. гл. 0.65–0.17 м) ¹⁴C 4894±44 калибров. л.н. (CAMS # 73288), 4311±71 калибров. л.н. (CAMS # 74344) (см. рис. 3) и оз. Утиное (инт. гл. 4.13–2.2 м) ¹⁴C 4356±59 калибров. л.н. (CAMS # 73295) и 4329±64 калибров. л.н. (CAMS # 75544) (см. рис. 6).

Наступившее общепланетарное похолодание вызвало экспансию в экосистемах Восточно-Маньчжурских гор темнохвойных и мелколиственных растений. При этом сократились площади полидоминантных лесов. На приморских равнинах появилась кустарниковая березка, и возникли сфагновые болота.

Снижение среднегодовых температур сопровождалось регрессией Японского моря, что привело к опреснению лагун и отделению оз. Карасье и оз. Утиное от моря. Об этом свидетельствует смена в колонке оз. Утиное на глубине 3.5 м солоноватоводного диатомового комплекса пресноводным и появление

в палиноспектрах спор сальвинии плавающей (см. рис. 7). Однако, присутствие в колонке оз. Карась в инт. гл. 0.6–0.5 м ракуши и солоноватоводный диатомовый комплекс из этого же слоя свидетельствуют о еще повышенном уровне моря в начале позднего голоцена. Лишь на глубине 0.42 м появляется пыльца кубышки, урути, лотоса, водяного ореха и споры сальвинии плавающей (см. рис. 3, 7). Морскую регрессию отражает и пресноводный диатомовый комплекс в скв. 24-1 на глубине 2.8 м (см. рис. 7). Данное ухудшение климата отчетливо фиксируется и в других районах Приморья – на Шкотовском плато [13] и о. Русском [9].

Однако в середине позднего голоцена имело место и небольшое, короткое потепление, отмеченное в палиноспектрах донных осадков оз. Карась (см. рис. 3), скв. 24-1 (см. рис. 4), оз. Круглое (см. рис. 5), оз. Утиное (см. рис. 6) и зафиксированное в торфяниках Нижнего Приамурья [17]. В палиноспектрах повышается

доля пыльцы дуба, ильма, сосны корейской, ореха маньчжурского, граба сердцелистного, клена и пихты цельнолистной по сравнению с ЛПЗ 2.

На склонах гор доминировали леса из дуба монгольского, пихты и сосны корейской с присутствием белой березы, березы ребристой и березы даурской. В растительных формациях расширялось участие сосны густоцветковой. На равнинах были обычны осоково-разнотравно-вейниковые луга.

Выше по разрезу оз. Карась отмечаются небольшие увеличение пыльцы мелколиственных растений и снижение суммы широколиственных пород, что отражает еще одно ухудшение климата, произошедшее 2589 ± 109 калибров. л.н. (СAMS # 76799). Это же похолодание отмечается в разрезе 1508-1 (ЛПЗ 4), в слое мелкозернистого песка с растительным детритом, возраст которого по радиоуглероду составил 2540 ± 130 калибров. л.н. (ЛУ-7961) (см. табл. 2). Содержание в нем пыльцы ели достигает 51% (рис. 8).

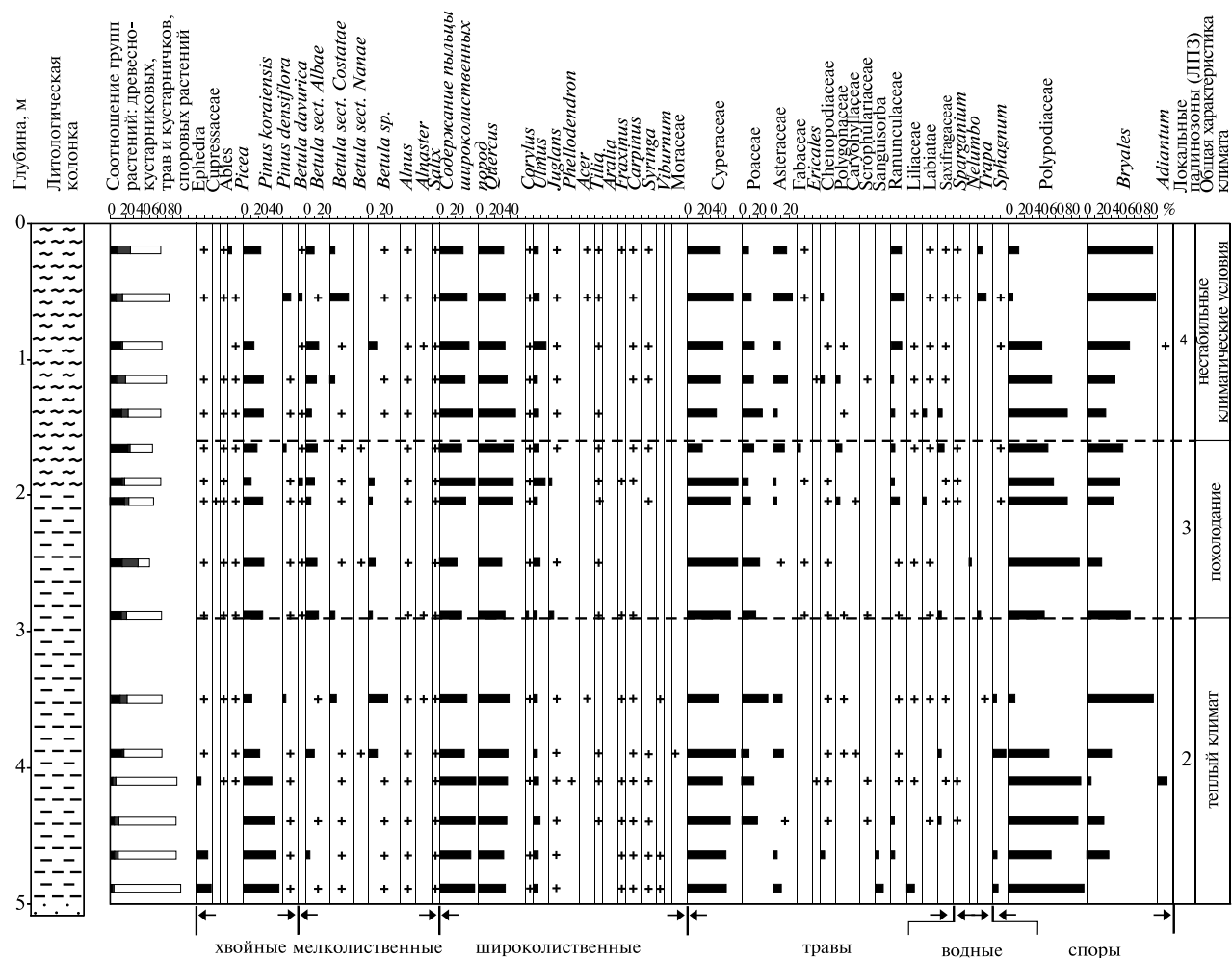


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма по донным отложениям скважины оз. Круглое. Условные обозначения см. рис. 2, 3.

Другое кратковременное потепление [23], соответствующее Средневековой климатической аномалии, хорошо проявившейся в высоких широтах, отмечается в конце позднего голоцена. Наступившее улучшение климата отразилось в ЛПЗ 4, отмеченной в разрезе 1508-1 (см. рис. 8), в донных осадках оз. Круглое (инт. гл. 1.6–0 м) (см. рис. 5), оз. Карасье (0.17–0 м) и оз. Утиное (2.2–0 м) (см. рис. 6). В палиноспектрах возрастает доля пыльцы широколиственных таксонов, в том числе граба сердцелистного (до 8%), наиболее высокое содержание которого отмечено в отложениях оз. Утиное (см. рис. 6).

Потепление вызвало экспансию в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор полидоми-

нантных лесов с большим участием сосны корейской, а также сосны густоцветковой, дуба, липы, пихты цельнолистной, с присутствием белой березы, березы ребристой, березы даурской, ильма, граба сердцелистного и клена. На равнинах вновь появились осоково-разнотравно-злаковые луга. Присутствие в палиноспектрах скв. оз. Карасье спор водного папоротника сальвинии плавающей и пресноводный диатомовый комплекс в скв. оз. Утиное говорят об изоляции этих озер от моря (см. рис. 7). Возраст этих изменений растительности подтверждают ¹⁴C даты 1880±130 калибров. л.н. (ЛУ-7960) и 1736±80 калибров. л.н. (CAMS # 76798) (см. табл. 2).

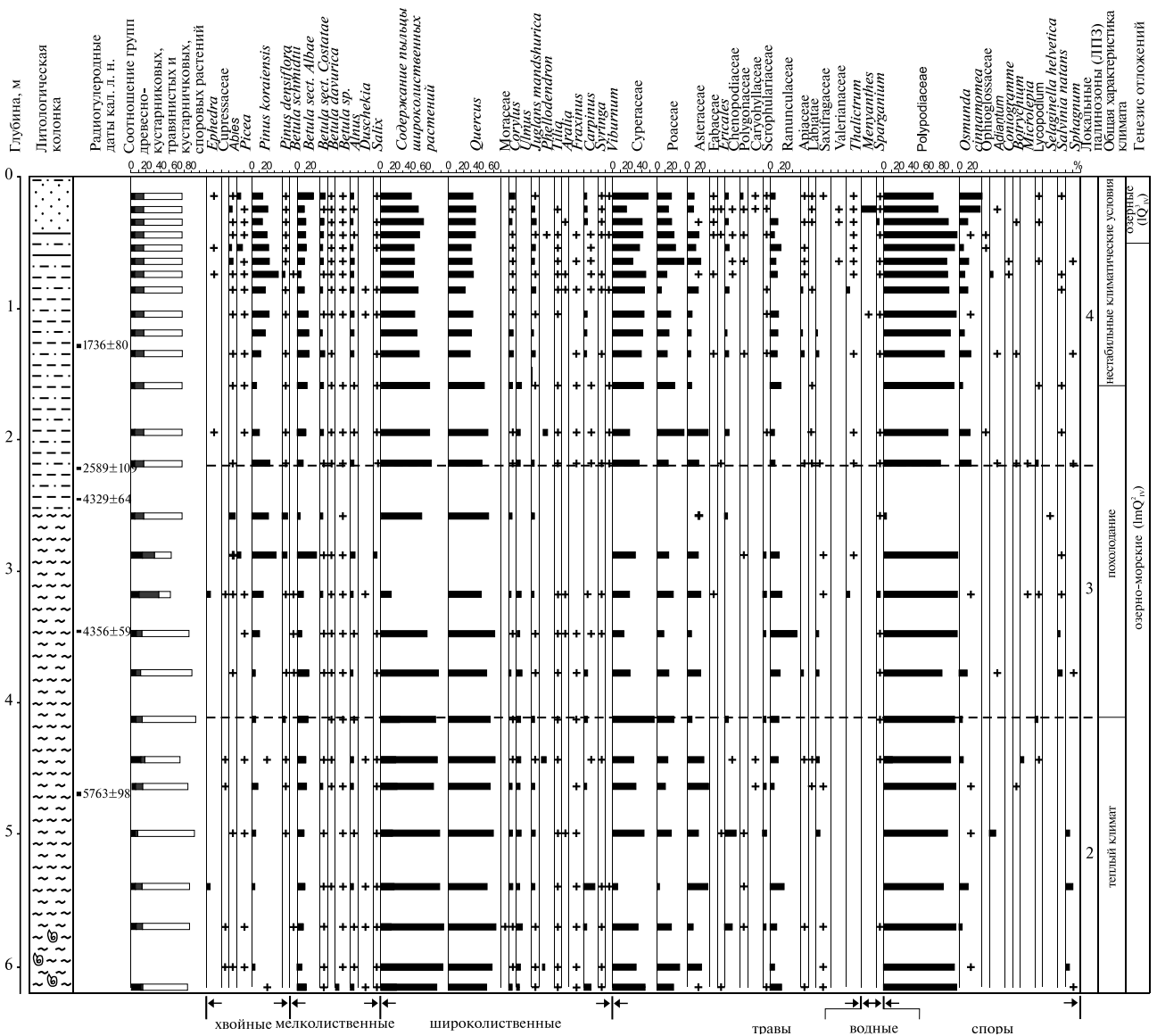


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма по донным отложениям скважины оз. Утиное. Условные обозначения см. рис. 2, 3.

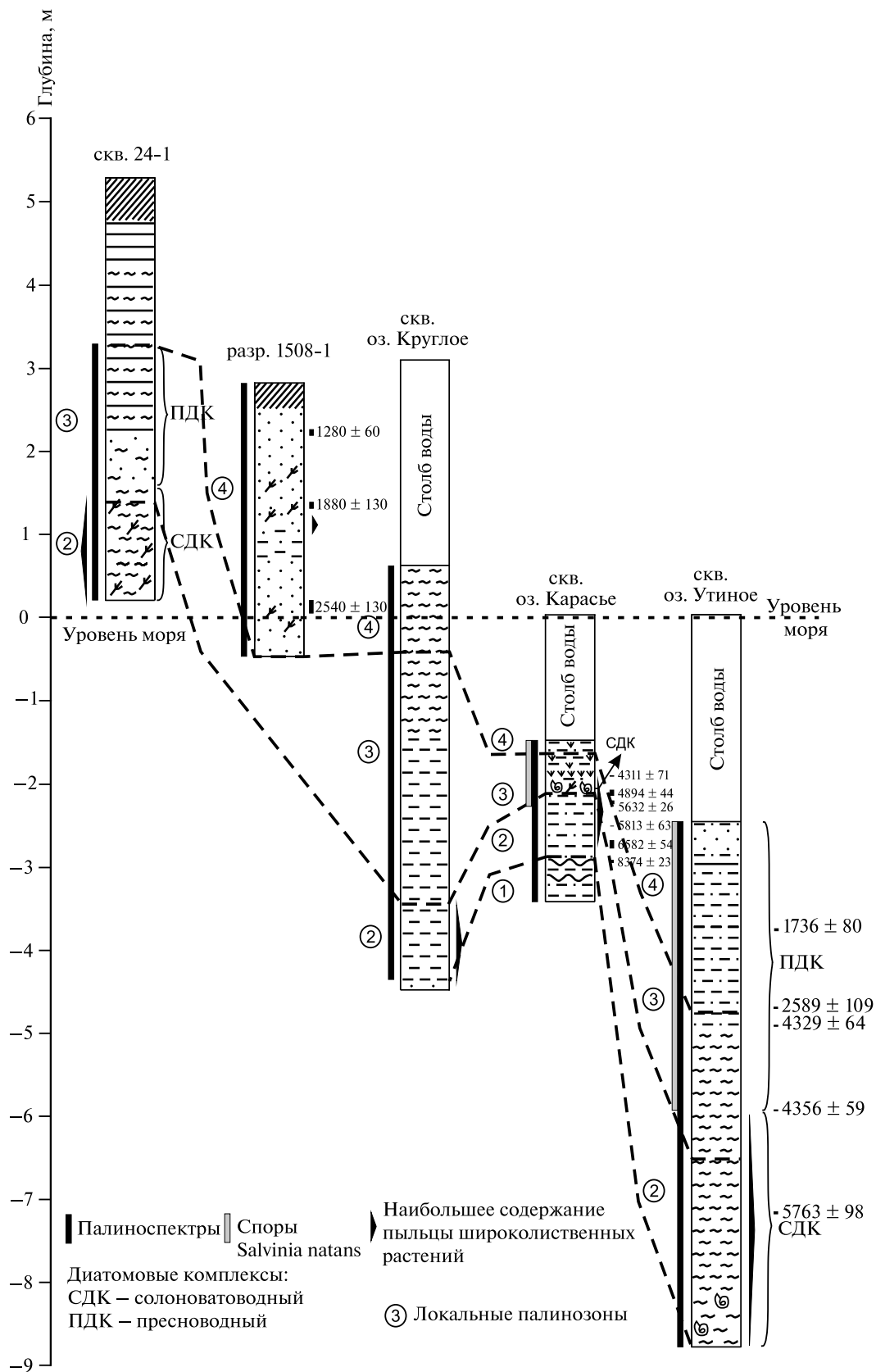


Рис. 7. Литология и результаты радиоуглеродного датирования аллювиально-морских, озерно-морских, аллювиальных и озерных отложений и корреляция изученных разрезов по палинологическим данным. Условные обозначения см. рис. 2, 3.

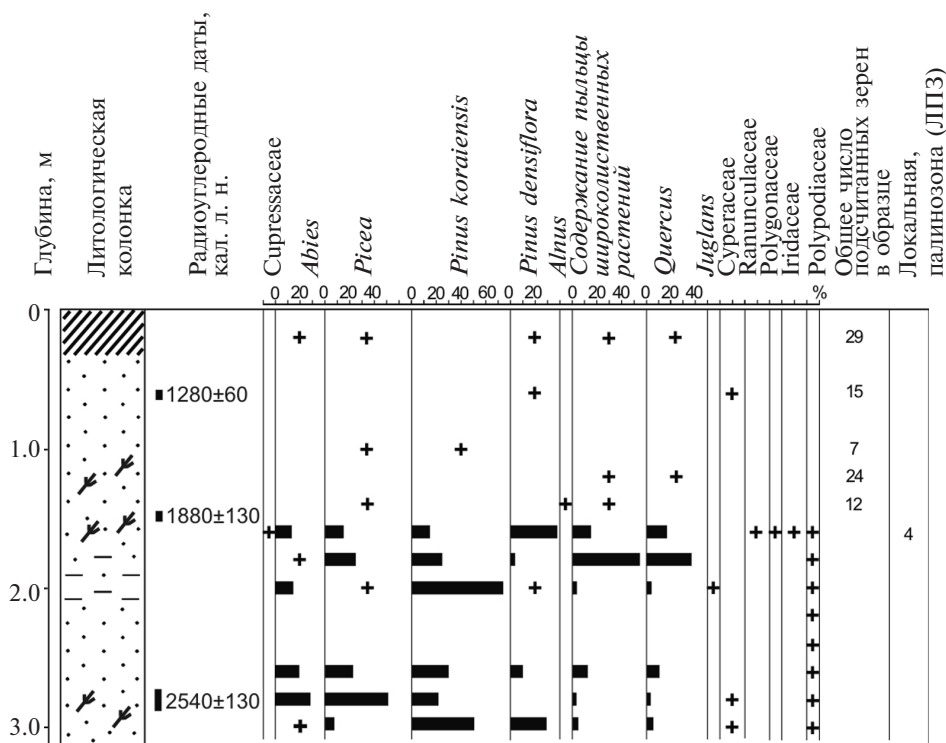


Рис. 8. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений берегового вала в приустьевой части р. Туманной (разрез 1508-1). Условные обозначения см. рис. 2, 3.

ВЫВОДЫ

Комплексное биостратиграфическое изучение отложений озерных котловин, речных долин и прибрежных аккумулятивных равнин на крайнем Юге Дальнего Востока позволило реконструировать природные условия и установить периодичность изменений в растительных формациях на приморских низменностях залива Петра Великого и в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор в среднем и позднем голоцене. Отмеченные перестройки палиноспектров свидетельствуют о быстрой реакции растительного покрова на короткоамплитудные климатические колебания.

Начавшееся еще в раннем голоцене потепление в начале среднего голоцена привело к широкому развитию на склонах Восточно-Маньчжурских гор дубово-ильмовых лесов с елью, пихтой и сосной корейской, а на прибрежных равнинах — осоково-разнотравных лугов.

В оптимум голоцена произошел расцвет на склонах Восточно-Маньчжурских гор полидоминантных лесов с сосной густоцветковой и сосной корейской. Растительные формации имели более богатый видовой состав по сравнению с современным. По всей видимости, в них присутствовали растения, современные ареалы которых охватывают север о. Хонсю и юг о. Хоккайдо [19],

Корейский п-ов южнее 40° с.ш. [20] и восточные районы Маньчжурии, при этом некоторые роды были представлены более богатым видовым составом.

В конце среднего голоцена из-за снижения температур в растительных формациях сократилось участие широколиственных растений — бархата, липы, граба, диморфанта (*Acanthopanax septemlobus*), ореха маньчжурского и других. Расширились площади мелколиственных лесов с елью, сосной корейской, ольхой и ольховым стлаником, гибридными березами, березой ребристой и березой обыкновенной.

Общепланетарное похолодание в начале позднего голоцена обусловило широкое распространение темнохвойно-мелколиственной растительности в экосистемах Восточно-Маньчжурских гор. На приморских равнинах появилась кустарниковая березка, и возникли сфагновые болота.

Короткое потепление в середине позднего голоцена привело к доминированию на склонах гор растительных формаций с сосной густоцветковой, дубом монгольским, пихтой, сосной корейской и березами. На равнинах были обычны осоково-разнотравно-злаковые луга. Однако наступившее затем небольшое похолодание вызвало экспансию мелколиственных пород. Сформировались смешанные леса с сосной корейской, сосной густоцветковой и пихтой.

В конце позднего голоцена в предгорьях Восточно-Маньчжурских гор широко распространились полидоминантные леса с сосной корейской и сосной густоцветковой, а также с пихтой цельнолистной. Тем не менее, их видовой состав был беднее, чем в оптимум голоцена.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны к.г.н. Т.А. Гребенниковой (ТИГ ДВО РАН), [Е.И. Царько] (ПГО "Приморгеология") за проведение диатомового анализа и Н.П. Домре (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to T.A. Grebennikova (the Pacific Geographical Institute, FEB RAS), [E.I. Tsarko] (Primorskii Geological Association "Primorgeologia") for the conducted diatom analysis and N.P. Domra (the Federal Scientific Center of Biodiversity of East-Asia Land Biota, FEB RAS) for preparation of the samples for palynological analysis.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (Проект 19-05-00477).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев М.Н., Голубева Л.В.* К стратиграфии и палеогеографии верхнего плейстоцена южного Приморья // Бюл. Комис. по изуч. четвертичного периода. 1980. № 50. С. 96–107.
2. *Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И., Ложкин А.В.* Эволюция растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем плейстоцене-голоцене // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 2. С. 206–215.
3. *Белянин П.С.* Ландшафтная структура долины реки Туманной и окружающих ее предгорий (Дальний Восток) // География и природные ресурсы. 2014. № 1. С. 134–141.
4. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Л., 1949. Кн. 1. 240 с.; Кн. 2. 288 с.
5. *Комаров В.Л.* Флора Маньчжурии. СПб., 1901. Т. 1. 559 с.
6. *Короткий А.М.* Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции) // Вестн. ДВО РАН. 1994. № 3. С. 29–42.
7. *Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С.* Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.
8. *Кузьмин Я.В.* Палеогеография побережья залива Петра Великого в оптимум голоцена (5000–8000 л.н.). Комплексное изучение разрезов голоценовых отложений побережья залива Петра Великого (Японское море). М.: Багира-Пресс, 1995. С. 44–61.
9. *Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г.* Палеосреда о. Русский (Южное Приморье) в среднем-позднем голоцене // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. С. 516–522.
10. *Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Раков В.А., Горбаренко С.А., Гвоздева И.Г.* Голоцен побережья Юго-Западного Приморья // Научное обозрение. 2008. № 1. С. 8–27.
11. *Павлюткин Б.И., Белянина Н.И.* Четвертичные отложения Приморья: некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения // Тихоокеан. геология. 2002. Т. 21. № 3. С. 80–93.
12. *Покровская И.М.* Пыльцевой анализ. М.: Госгеоллиздат, 1950. 571 с.
13. *Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А.* Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 3. С. 65–80.
14. *Хершберг Л.Б., Михайлик Е.В., Пушкарь В.С., Вачаев Б.И.* Строение, вещественный состав илистой толщи шельфа Юга Приморья и перспективы ее освоения // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 23. № 2. С. 90–99.
15. *Чубарь Е.А.* Природные особенности района р. Туманной в нижнем течении и сопредельной территории. Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья р. Туманной. Т. 1. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 15–41.
16. *Элбакидзе Е.А.* Масштабы голоценовой ингрессии Японского моря в Южном Приморье // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33. № 2. С. 102–108.
17. *Bazarova V.B., Klimin M.A., Mokhova L.M., Orlova L.A.* New pollen records of Late Pleistocene and Holocene changes of environment and climate in the Lower Amur River basin, NE Eurasia // Quat. Int. 2008. V. 179. P. 9–19.
18. *Chen Z., Wang Z., Schneiderman J., Tao I., Cai Y.* Holocene climate fluctuations in the Yangtze delta of eastern China and the Neolithic response // The Holocene. 2005. V. 15. № 6. P. 915–924.
19. *Jisaburo O.* Flora of Japan. Washington, D.C.: Smithsonian Institution, 1965. 1067 p.
20. *Lee T.B.* Illustrated flora of Korea. Seoul: Hyangmunsa, 1980. 990 p.

21. *Umitsu M.* Holocene Sea-Level Changes and Coastal Evolution in Japan // *The Quat. Res.* (Daiyonki Kenkyu). 1991. V. 30. P. 187–196.
22. *Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O., Weiss H.* Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) // *J. Quat. Sci.* 2012. V. 27. P. 649–659.
23. *Wanner H., Beer J., Bütikofer J., Crowley T.J., Cubasch U., Flückiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Kützel M., Müller S.A., Prentice I.C., Solomina O., Stocker T.F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M.* Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quat. Sci. Rev.* 2008. V. 27. P. 1791–1828.
24. *Weninger B., Jöris O., Danzeglocke U.* Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universität zu Köln, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. Köln, 2005, 2007. URL: <http://www.calpal-online.de>
8. *Kuzmin Ya.V.* Paleogeography of the Peter the Great Bay coast in the optimum Holocene (5000–8000 years ago). In *Kompleksnoe izuchenie razrezov golotsenovykh otlozhenii poberezh'ya zaliva Petra Velikogo (Yaponskoe more)* [Complex Study of the Holocene Sediments of the Peter the Great Bay Coast (Sea of Japan)]. Moscow: Bagira-Press Publ., 1995, pp. 44–61. (In Russ.).
9. *Mikishin Y.A., Gvozdeva I.G.* Mid to Late Holocene of Russkyi Island (Southern Primorye). *Fundamentalnye Issled.*, 2014, no. 3, pp. 516–522. (In Russ.).
10. *Mikishin Y.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G., Popov A.N., Kuzmin Ya.V., Rakov V.A., Gorbarenko S.A., Gvozdeva I.G.* Holocene of coast of the South-Western Primorye. *Nauchn. Obozr.*, 2008, no. 1, pp. 8–27. (In Russ.).
11. *Pavlyutkin B.I., Belyanina N.I.* Quaternary deposits of Primorye: results of systematization and perspectives of study. *Tikhookean. Geol.*, 2002, vol. 21, no. 3, pp. 80–93. (In Russ.).
12. *Pokrovskaya I.M.* *Pyl'tsevoi analiz* [Pollen Analysis]. Moscow: Gos. Izd. Geol. Liter. Publ., 1950. 571 p.
13. *Razhigaeva N.G., Ganzei L.A., Mokhova L.M., Makarova T.R., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikoiva A.A.* The development of landscapes of the Shkotovo plateau of Sikhote-Alin in the Late Holocene. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2016, no. 3, pp. 65–80. (In Russ.).
14. *Khershberg L.B., Mikhailik E.V., Pushkar V.S., Vachayev B.I.* Structure, material composition of the Ilistaya series, the South Primorye shelf, and its potential exploration. *Tikhookean. Geol.*, 2013, vol. 23, no. 2, pp. 90–99. (In Russ.).
15. *Chubar E.A.* Natural features of the area of the Tumannaya River in the lower reaches and adjacent territories. In *Ekologicheskoe sostoyanie i biota yugo-zapadnoi chasti zaliva Petra Velikogo i ust'ya r. Tumannoï* [The State of Environment and Biota of the Southwestern Part of Peter the Great Bay and the Tumannaya River Mouth]. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2000, vol. 1, pp. 15–41. (In Russ.).
16. *Elbakidze E.A.* The extent of the Japan Sea Holocene ingression in Southern Primorye from the diatom analysis data. *Tikhookean. Geol.*, 2014, vol. 33, no. 2, pp. 102–108. (In Russ.).
17. *Bazarova V.B., Klimin M.A., Mokhova L.M., Orlova L.A.* New pollen records of Late pleistocene and Holocene changes of environment and climate in the Lower Amur River basin, NE Eurasia. *Quat. Int.*, 2008, vol. 179, pp. 9–19.
18. *Chen Z., Wang Z., Schneiderman J., Tao I., Cai Y.* Holocene climate fluctuations in the Yangtze delta of eastern China and the Neolithic response. *The Holocene*, 2005, vol. 15, no. 6, pp. 915–924.
19. *Jisaburo O.* *Flora of Japan*. Washington D.C.: Smithsonian Institution, 1965. 1067 p.
20. *Lee T.B.* *Illustrated flora of Korea Hyangmunsa*. Seoul, 1980. 990 p. (In Korean).

REFERENCES

1. *Alekseev M.N., Golubeva L.V.* To the stratigraphy and paleogeography of the upper Pleistocene of the Southern Primorye. *Bull. Komissii po Izucheniyu Chetvertichnogo Perioda*, 1980, no. 50, pp. 96–107. (In Russ.).
2. *Anderson P.M., Belyanina N.I., Belyanin P.S., Lozhkin A.V.* Evolution of the vegetation cover of Peter the Great Bay western coast in the Late Pleistocene-Holocene. *Tikhookean. Geol.*, 2017, vol. 36, no. 4, pp. 206–215. (In Russ.).
3. *Belyanin P.S.* Landscape structure of the Tumannaya river valley and surrounding foothill areas (Far East). *Geography and Natural Resources*, 2014, no. 1, pp. 134–141.
4. *Diatomovyi analiz. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslei* [Diatom Analysis. The Determinant of Fossil and Modern Diatom Algae]. Leningrad, 1949. Book 1. 240 p.; Book 2. 288 p.
5. *Komarov V.L.* *Flora Manchuriae* [Flora of Manchuria]. Saint Petersburg, 1901, vol. 1. 559 p.
6. *Korotky A.M.* Fluctuations in the level of the Sea of Japan and coastal zone landscapes (stages of development and trends). *Vestn. Dal'nevostochnogo Otdeleniya Akad. Nauk*, 1994, no. 3, pp. 29–42. (In Russ.).
7. *Korotky A.M., Karaulova L.P., Troitskaya T.S.* *Chetvertichnye otlozheniya Primor'ya: Stratigrafiya i paleogeografiya* [Quaternary Deposits of Primorye: Stratigraphy and Paleogeography]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1980. 234 p.

21. Uimitsu M. Holocene Sea-Level Changes and Coastal Evolution in Japan. *The Quat. Res.* (Daiyonki Kenkyu), 1991, vol. 30, pp. 187–196.
22. Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O., Weiss H. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *J. Quat. Sci.*, 2012, vol. 27, pp. 649–659.
23. Wanner H., Beer J., Butikofer J., Crowley T.J., Cubasch U., Fluckiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Kuttel M., Muller S.A., Prentice I.C., Solomina O., Stocker T.F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M. Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *J. Quat. Sci.*, 2008, vol. 27, pp. 1791–1828.
24. Weninger B., Jöris O., Danzeglocke U. *Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002.* Universität zu Köln, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. Köln: 2005, 2007.

Vegetation Changes in the South of the Russian Far East in the Middle and Late Holocene

P. S. Belyanin^{1,*}, P. M. Anderson^{2,**}, N.I. Belyanina¹, A. V. Lozhkin^{3,***},
Kh. A. Arslanov^{4,****}, F. E. Maximov⁴, and D. A. Gornov⁴

¹*Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

²*Earth and Space Sciences Faculty, University of Washington, Seattle, USA*

³*Northeastern Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia*

⁴*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

*e-mail: pavelbels@yandex.ru

**e-mail: pata@u.washington.edu

***e-mail: lozhkin@neisri.ru

****e-mail: arslanovkh@mail.ru

Received October 23, 2017; revised June 01, 2018; accepted November 30, 2018

The results of biostratigraphic analysis of bottom sediments of the Karas'e, Utinoe, Krugloe lakes as well as loose sediments of accumulative plains at the mouths of the Tumannaya and Poima rivers in the south of the Far East are presented. Natural conditions were recovered and periodicity of vegetation changes in the foothills of the East Manchurian Mountains and in the coastal plains of the Peter the Great Bay in the Middle and Late Holocene were reconstructed by the complex of data. The synchronicity of both the development of vegetation formations and changes of sedimentation conditions with global climatic variations were revealed. The first, Middle Holocene stage proceeded in the conditions of general planetary increase of average annual temperatures, accompanied by flooding of lowland plains of the coast of the Sea of Japan by sea waters. The distribution and species diversity of broad-leaved plants in spurs of the East Manchurian Mountains increased. In the Holocene Optimum, the polydominant forests with richer composition of species than that of the present time were formed and vegetation on the foothill accumulative plains was represented with sedge and mixed meadows. The second, Late Holocene stage was characterized by a decrease in average annual temperatures and series of climatic changes. Its beginning was marked by the cooling, during which the coastal lowlands were freed from sea waters. Climate deterioration caused expansion of dark coniferous and small-leaved plants in the East Manchurian Mountains, as well as reduction of polydominant forests. On the foothills near the coast of the Peter the Great Bay sedge meadows were developed, sometimes there were thickets of shrubby birch (*Betula* sect. *Nanae*) and sphagnum swamps. At the end of the Late Holocene the warming occurred again. On the slopes of the East Manchurian Mountains, the vegetation formations with the dominance of Mongolian oak (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) and dentate oak (*Quercus dentata* Thunb.), needle fir (*Abies holophylla* Maxim.), Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) and with the presence of birches began to dominate. The dissemination of pine (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), elm (*Ulmus* sp.), hornbeam (*Carpinus cordata* Blume) and maple (*Acer* sp.) has increased. On the foothill lowlands the sedge-reed meadows with different grass dominated.

Keywords: climatic changes, vegetation, biostratigraphy, coastal sediments, Middle and Late Holocene, East Manchurian Mountains, Peter the Great Bay.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019269-84>