

ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЗАЛИВА ПЕТРА
ВЕЛИКОГО В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ–ГОЛОЦЕНЕ

П.М. Андерсон¹, П.С. Белянин², Н.И. Белянина², А.В. Ложкин³

¹ Факультет наук о Земле и Космосе, Центр четвертичных исследований Вашингтонского Университета, Сиэтл, США, e-mail: pata@u.washington.edu

² ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041; e-mail: pavelbels@yandex.ru

³ ФГБУН Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, ул. Портовая 16, г. Магадан, 685000; e-mail: loshkin@neisri.ru

Поступила в редакцию 3 июня 2015 г.

Проведенное биостратиграфическое расчленение донных отложений озер Карасье и Утиное методами палинологического анализа и радиоуглеродного датирования, позволило значительно детализировать представление об эволюции растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем плейстоцене и голоцене. Были установлены новые свидетельства неоднократных и значительных изменений природной среды за последние 35000 л., соответствующие морским изотопным стадиям (МИС) 3–1. Новые материалы являются основой для палеогеографических реконструкций и корреляции событий позднего квартала крайнего юга Дальнего Востока России с другими регионами Евразии. Результаты исследования показали, что эволюция растительного покрова в МИС 3 (Q_{III}^3) происходила в межледниковых условиях. Палинофлора характеризует кратковременное потепление. Последняя холодная эпоха позднего плейстоцена в МИС 2 (Q_{III}^4) ознаменовалась широким развитием растительности, характерной для северо-бореальной зоны. На границе позднего плейстоцена и голоцена произошла быстрая экспансия широколиственных лесов. Полностью исчезли позднеледниковые растительные формации. В интервале 7000–5000 тыс. л.н. отмечалось наиболее широкое распространение полидоминантных лесов из дуба, граба и ореха. Завершение оптимальной фазы голоцена (Q_{IV}^2 – Q_{IV}^3) характеризовалось сериями климатических изменений. В составе растительности вновь фиксируется появление кустарниковых сообществ из березы и ольхи. В позднем голоцене происходило увеличение в структуре растительных формаций широколиственных растений и сосен. Конец позднего голоцена ознаменовался широким развитием сосновых лесов.

Ключевые слова: растительность, прибрежные озера, локальные палинозоны, поздний плейстоцен, голоцен, залив Петра Великого, юг Дальнего Востока России.

ВВЕДЕНИЕ

Важное значение для прогноза изменений климата и природной среды ближайшего будущего, а также определения продолжительности современной теплой эпохи имеет установление длительности, структуры и периодичности эпох позднего кайнозоя, в том числе четвертичного периода [7]. Полученные для разных областей Земли палеогеографические данные показывают, что эволюция природной среды на границе поздний плейстоцен–голоцен носила пульсационный характер. В это время последнее плейстоценовое похолодание, сменилось в голоцене последо-

вательным трендом повышения среднегодовых температур, осложненным сериями менее выраженных и кратковременных климатических минимумов, что привело к активной деградации ледниковых систем в Сибири и Европе, а также отступанию многолетней мерзлоты на северо-восток [5].

Палеогеографические реконструкции для западного побережья залива Петра Великого проводятся с середины 20 в. К настоящему времени накоплен достаточно обширный научный материал об эволюции природной среды юго-западного Приморья в позднем плейстоцене и голоцене, представленный в работах [1, 6, 10, 13, 15, 18, 19, 24]. Однако, в этих исследо-

ваниях оставались не затронутыми вопросы биостратиграфии донных отложений озер, содержащих детальную информацию о развитии растительности. Вероятно, это обусловлено ограниченным распространением в Приморье озерных отложений квартера, наиболее мощные толщи которых присутствуют лишь в разрезах Приханкайской впадины [2, 13, 16], в отложениях долины нижнего течения р. Туманной и шельфа залива Петра Великого [24]. В настоящей статье предлагаются первые обобщающие результаты таких исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования стали донные осадки озер Карасье и Утиное, расположенных на западном побережье залива Петра Великого (рис. 1). В ходе работ Российско-Американской экспедиции «Paleoenvironmental Arctic Sciences» в южном и юго-западном Приморье, на акваториях озер Карасье ($42^{\circ}39'28''$ с. ш., $130^{\circ}58'30''$ в. д., абс. выс. 0.2 м, максимальная глубина 1.5 м) и Утиное ($43^{\circ}22'34''$ с. ш., $131^{\circ}45'17''$ в. д., абс. выс. 0.2 м, максимальная глубина 3.0 м) с плавучей платформы на катамаране было выполнено бурение двух скважин (по одной на каждом озере). Отбор проб проводился к.г.н. А.В. Ложкиным, П.М. Андерсон, Л.Б. Брубейкер и Е.В. Митюревой 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.

Датирование радиоуглеродным методом осуществлялась в Центре ускорительной масс-спектрометрии Лауренс Ливермор Национальной лаборатории Департамента Энергии Калифорнийского университета (Т.А. Браун). В общем получено 13 датировок, калиброванных с помощью программы CALPAL_A [26] (таблица).

Палинологическому анализу были подвергнуты 34 пробы, отобранные с интервалами 2–10 см. Образцы подготовлены для анализа по стандартной методике [20] с применением щелочного метода Поста. Просмотр препаратов осуществлялся с использованием светового микроскопа ZEISS Axio Scope.A1. В случае невозможности выполнить определение пыльцы растений и спор до вида, идентификация пыльцевых таксонов проводилась до рода или семейства, при этом, в первом случае, при первом упоминании в тексте добавлялась приставка «sp.». Расчет индивидуальных таксонов проводился по трем группам: древесных и кустарниковых, травянистых, споровых растений. Статистическая обработка данных и построение спорово-пыльцевых диаграмм проведены с помощью программ Excel и CorelDraw.

Ключевым диагностическим признаком, определяющим границы локальных палинозон (ЛПЗ), принято считать изменение таксономического состава спорово-пыльцевых спектров (СПС) и процентного содержания таксонов, отличающихся от выше- и нижележащих СПС. Наименование ЛПЗ составлялось из доминирующего вида-индекса и таксона-детерминанта, отражающих климатические изменения.

В настоящее время в окружении озерных котловин преобладают разнотравные луга, переходящие на склонах в древесно-кустарниковые заросли. Согласно ботаническому районированию Восточной Азии [9], рассматриваемые озерные водоемы расположены в зоне контакта Маньчжурской, Амурской и Северо-Китайской флористических провинций, чем обусловлено одновременное участие в структуре растительных сообществ представителей как северо-бореальных, так субтропических областей.

Из поверхностных горизонтов изученных нами скважин выделены палиноспектры, отражающие современный облик растительного покрова юго-за-

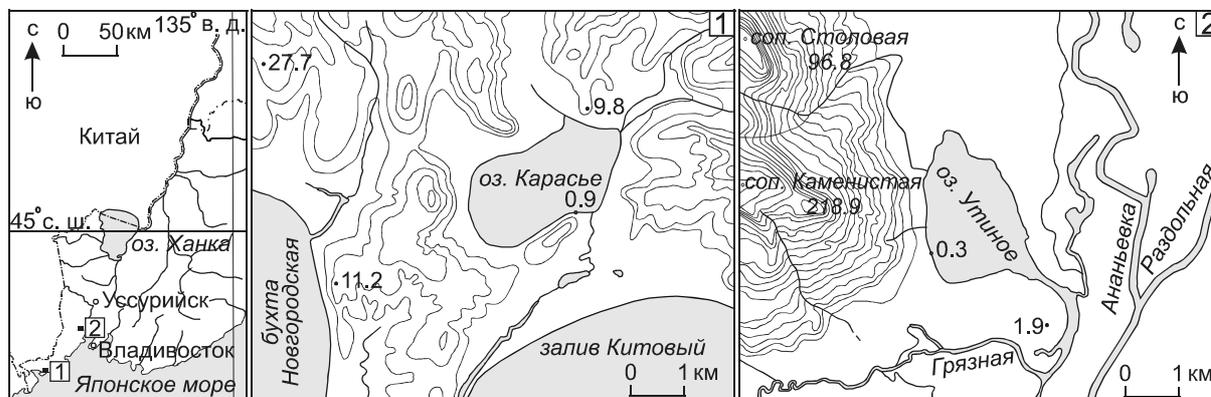


Рис. 1. Географическое положение изученных озер.

Таблица. Радиоуглеродные датировки донных отложений оз. Карасье и оз. Утиное.

№ п/п	Место отбора	Глубина отбора, м	Материал	Лабораторный номер	Абсолютный возраст, л. н.	
					Радиоуглеродный	Календарный
1	Оз. Карасье	3.24–3.23	семена, древесина, древесный мох	SAMS # 71813	35610±40	40737±571
2		1.66–1.63	древесина, древесный уголь	SAMS # 73291	17160±40	20599±283
3		1.40–1.37	семена, древесина, древесный уголь	SAMS # 73290	7550±40	8374±23
4		1.30–1.21	семена	SAMS # 74347	5780±40	6582±54
5		1.04–1.03	семена, древесный уголь	SAMS # 71814	5050±40	5813±63
6		0.77–0.74	семена	SAMS # 74346	4890±40	5632±26
7		0.67–0.60	семена	SAMS # 73288	4300±40	4894±44
8		0.45–0.43	семена	SAMS # 74344	3870±40	4311±71
9		Оз. Утиное	4.71–4.68	древесина, древесный уголь	SAMS # 73295	5000±80
10	3.47–3.45		древесина	SAMS # 76800	3920±40	4356±59
11	2.46–2.45		растительный детрит	SAMS # 75544	3890±40	4329±64
12	2.23–2.21		растительный детрит	SAMS # 76799	2510±60	2589±109
13	1.30–1.27		древесина, листья	SAMS # 76798	1810±60	1736±80

падного Приморья. Основное ядро в них составляет пыльца сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), а подчиненное положение принадлежит пыльце дуба *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb и *Quercus dentata* Thunb. Наряду с этим, значительно содержание пыльцевых таксонов пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.), березы древовидной, принадлежащей секциям *Betula* sect. *Albae* и *Betula* sect. *Costatae*, лещины (*Corylus* sp.), ильма (*Ulmus* sp.) и ореха маньчжурского (*Juglans mandschurica* Maxim.). Во всех образцах существенна роль пыльцы сосны густоцветковой *Pinus densiflora* Siebold et Zucc., содержание которой наиболее высоко в субфосильных отложениях более южных озер – Карасье и Лотос [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее информативные результаты по разнообразию палиноспектров получены по скважине оз. Карасье. Вскрытые бурением отложения представлены следующими пачками.

	Интервал, см
Ил серый	0–4
Ил серый с водорослевым торфом	4–36
Алеврит серый, плотный, с растительным детритом	36–45
Ил с мелкой ракушкой со следами ожелезнения.	40–59
Алеврит желтый со следами ожелезнения.	59–70
Ил серый.	70–80
Ил серый, с включениями ракуши.	80–120
Ил светло-серый, в нижней части горизонта с черной органикой	120–130

Ил серый 130–330

По результатам спорово-пыльцевого анализа выделено шесть локальных пыльцевых зон (рис. 2).

ЛПЗ Ка–1 (330–170 см) *Betula–Quercus*

В составе палиноспектров в значительном количестве содержится пыльца мелколиственных растений, среди которой основной фон составляет *Betula* sect. *Albae* (до 39.9 %) и *Betula* sect. *Costatae* (до 26.4 %), а также гибридных берез *Betula* sp. (до 35.6 %) Отмечены единичные пыльцевые зерна березы даурской *Betula davurica* Pall. Среди хвойных растений доминирует пыльца ели *Picea* sp. (4.4–14.6 %). В группе широколиственных таксонов наиболее высоко содержание пыльцевых зерен *Quercus* (до 24.6 %). Присутствует пыльца *Ulmus*, граба *Carpinus* sp., липы *Tilia* sp., *Juglans* sp. и сирени *Syringa* sp. Среди пыльцы трав и кустарничков преобладают представители родов и семейств верескоцветных *Ericales* sp. (до 48.1 %), сложноцветных *Asteraceae* (до 31.2 %), осоковых *Cyperaceae* (до 29.8 %), лютиковых *Ranunculaceae* (до 27.9 %), мятликовых *Poaceae* (до 17.4 %), а также пыльца водных и прибрежно-водных растений из семейства зонтичных – *Apiaceae* (до 11.8 %); родов – уруть *Myriophyllum* sp. (до 9.8 %), водяной орех *Trapa* sp. (до 8.7 %), кубышка *Nuphar* sp. (до 8.2 %), а также видов: лотос Комарова *Nelumbo komarovii* Grossh. (до 8.3 %) и вахта трехлистная *Menyanthes trifoliata* L. (до 6.2 %). В группе споровых растений доминирующее положение занимают споры папоротникообразных *Polypodiaceae* (до 98.4 %) и сфагно-вых мхов *Sphagnum* sp. (до 88.3 %). Им сопутствуют

чистоустник азиатский *Osmunda cinnamomea* auct. (11.2 %) и плауновые *Lycopodium* sp. (до 8.4 %).

ЛПЗ Ка-2 (170–165 см) *Betula* sp.–*Dushekia*

В палиноспектре доминируют таксоны *Betula* sp. (41.7 %), *Betula* sect. *Albae* (24.5 %) и стланиковой ольхи *Dushekia* sp. (7.3 %). Среди берез в малом количестве отмечена пыльца кустарниковой березы секции *Betula* sect. *Nanae*. Присутствует пыльца хвойных растений – *Picea*, *Abies* sp. и гаплоидных сосен *Pinus* s/g *Haploxyylon*. В небольшом количестве отмечаются минерализованные пыльцевые зерна *Quercus*. В группе трав и кустарников значительна доля *Ericales* (69.4 %) и *Cyperaceae* (23.6 %), встречается пыльца *Roaceae*, *Asteraceae* и прибрежно-водного растения ежеголовник *Sparganium* sp. Среди споровых растений доминирует семейство многоножковые *Polypodiaceae* (80.4 %) и *Sphagnum* (30.4 %).

ЛПЗ Ка-3 (165–145 см) *Quercus–Betula*

Ведущую роль в палиноспектре занимает пыльца древесных растений, среди которой первостепенна роль представителей неморальной флоры: *Quercus* (10.1–46.9 %), *Juglans mandshurica* (до 4.1 %) и *Tilia* (до 3.6 %). Единично встречается пыльца *Ulmus*, *Corylus* и граба сердцелистного *Carpinus cordata* Blume. Среди пыльцы мелколиственных растений заметно присутствие *Betula* sect. *Albae* (32.3 %), *Betula* sp. (19.8–21.4 %) и *Betula* sect. *Costatae* (5.7–9.7 %). Роль хвойных невелика, в их составе в небольших количествах отмечаются пыльцевые зерна *Pinus* s/g *Haploxyylon*, *Abies* и *Picea*. В группе трав доминирует пыльца семейств и родов – *Cyperaceae* (62.3–69.4 %), *Ericales* (5.2–99.3 %), синюховые *Polemoniaceae* (до 13.8 %), *Ranunculaceae* (до 12.3 %) и прибрежно-водного растения *Sparganium* (до 9.3 %). В единичном количестве присутствуют пыльцевые зерна *Nuphar*. Среди споровых таксонов преобладают *Polypodiaceae* (85.8–91.5 %) и *Sphagnum* (3.5–12.3 %).

ЛПЗ Ка-4 (145–85 см) *Quercus–Ulmus*

Основной фон в палиноспектре создает пыльца древесных растений, среди которой преобладает *Quercus* (32.7–58.3 %). Ему сопутствуют пыльцевые зерна *Ulmus* (до 9.1 %), *Juglans* (до 8.0 %), *Tilia* (до 7.4 %), *Corylus* (до 5.7 %) и *Carpinus* (до 5.2 %). В группе мелколиственных растений доминирует пыльца *Betula* sp. (до 32.9 %), *Betula* sect. *Albae* (до 29.4 %), ольхи *Alnus* sp. (до 11.8 %) и *Betula* sect. *Costatae* (до 8.5 %). Отмечено присутствие пыльцевых зерен *Dushekia* и ивы *Salix* sp. В группе хвойных растений основной фон создает пыльца *Pinus* s/g *Haploxyylon* (до 23.2 %) и *Picea* (до 8.6 %). Отмечаются редкие пыльцевые зерна семейства кипарисовые *Cupressaceae* и

диплоидных сосен *Pinus* s/g *Diploxyylon*. Среди травянистых растений, преобладают пыльцевые таксоны *Cyperaceae* (до 71.0 %), *Asteraceae* (до 48.7 %), *Roaceae* (до 29.9 %), *Ericales* (до 14.2 %) и *Ranunculaceae* (до 12.1 %). Присутствует пыльца семейств *Ariaceae*, маревых *Chenopodiaceae*, гречишных *Polygonaceae*, бобовых *Fabaceae* и др. В структуре палиноспектров высока доля прибрежно-водных и водных растений – семейства рдестовых *Potamogetonaceae* (до 18.8 %), *Myriophyllum* sp. (до 15.7 %), *Sparganium* (до 12.5 %), *Nuphar* (до 8.0 %) и *Trapa* (до 4.7 %). Среди споровых растений доминируют споры *Polypodiaceae* (83.4–98.3 %) и *Sphagnum* (до 20.8 %).

ЛПЗ Ка-5 (85–30 см) *Quercus–Betula* sp.

Основное ядро в палиноспектре составляет пыльца мелколиственных растений, где господствующее положение занимает *Betula* sp. (52.8 %) представленная древесными и кустарниковыми формами, а также *Betula* sect. *Albae* (14.8 %) и *Dushekia* (5.2 %). В небольшом количестве встречается пыльца *Alnus*. Отмечается присутствие умеренно-термофильных таксонов – *Quercus* (9.8 %), *Ulmus* и *Corylus*. В группе хвойных растений отмечена пыльца *Picea* (7.1 %), *Pinus* s/g *Haploxyylon* и *Abies*. Среди трав доминируют представители семейств *Cyperaceae* (37.1 %), *Roaceae* (19.3 %), *Asteraceae* (18.2 %) и *Ranunculaceae* (7.8 %). Присутствуют пыльцевые зерна водных и прибрежно-водных растений – *Sparganium*, *Myriophyllum* и *Menyanthes trifoliata*. В группе споровых растений преобладают споры *Polypodiaceae* (62.3 %) и *Sphagnum* (30.4 %). Изредка встречаются споровые зерна *Osmunda* sp.

ЛПЗ Ка-6 (30–0 см) *Pinus* s/g *Haploxyylon–Quercus*

Палиноспектр характеризуется высоким содержанием пыльцы хвойных и широколиственных растений. В группе хвойных таксонов основной фон создает пыльца *Pinus* s/g *Haploxyylon* (до 22.4 %), *Pinus* s/g *Diploxyylon* (до 10.3 %) и *Picea* (3.9–9.9 %). Среди широколиственных пород значительна роль *Quercus* (50.4–53.6 %) и *Ulmus* (до 5.2 %). Единично отмечены *Juglans*, бархат *Phellodendron* sp., клен *Acer* sp., *Tilia*, *Carpinus cordata* и семейство тутовых *Moraceae*. Присутствует пыльца мелколиственных растений – *Betula* sect. *Albae* (7.7–8.3 %) и *Betula* sect. *Costatae*. Среди травянистых растений велика доля *Asteraceae* (19.8–24.2 %), *Roaceae* (19.5–21.6 %), *Cyperaceae* (18.2–33.6%), а также водных и прибрежно-водных растений – *Sparganium* (10.8–13.6 %) и *Trapa* (до 9.7 %). Отмечено присутствие пыльцевых зерен *Myriophyllum*. Велико содержание спор *Polypodiaceae* (49.1–91.7 %), *Osmunda cinnamomea* (до 27.3 %), сальвинии плавающей *Salvinia natans* (L.) All. (до 4.2–10.3%) и семейства уховниковые *Ophioglossaceae* (до 4.2%).

ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Результаты палинологического исследования отложений озер Карасье и Утиное, подкрепленные результатами радиоуглеродного анализа и данными по другим изученным разрезам, позволяют реконструировать развитие прибрежной растительности западного залива Петра Великого в позднем плейстоцене-голоцене.

Поздний плейстоцен

Биостратиграфические данные, полученные по осадкам позднего плейстоцена (Q_{III}^3 , МИС 3), свидетельствуют о некоторой схожести природных условий этого периода с ранним голоценом. Локальная палинозона Ка 1, выделенная из донных отложений оз. Карасье (рис. 2) (алеurit, интервал глубин 3.3–1.7 м), отражает развитие природной среды в условиях межледниковья. Содержание в ней пыльцы широколиственных растений ниже, чем в оптимуме голоцена. Присутствие пыльцевых зерен водных растений *Menyanthes trifoliata* и *Nelumbo komarovii* свидетельствует о существовании пресноводных водоемов. Известно, что уровень моря в это время был ниже современного [10, 24]. Палиноспектры показывают, что в прибрежных ландшафтах на месте современного шельфа господствовали осоково-вейниковые луга. Склоны гор занимали смешанные леса с преобладанием *Pinus koraiensis*, *Pinus densiflora*, *Abies holophylla*, *Quercus mongolica*, *Betula*, *Juglans mandshurica* и др. Возраст отложений подтверждается датировкой, полученной из погребенной древесины в отложениях оз. Карасье 35610±510 л.н. (40737±571 кал. л.н.) (табл. 1, рис. 2) и радиоуглеродной датировкой оз. Лотос 34090±600 л.н. (39418±1072 кал. л.н.) на глубине 18.2 м (устное сообщение д.г.-м.н. Б.И. Павлюткина).

Материалы, свидетельствующие о незначительном потеплении климата в самом начале МИС 3, получены и для района оз. Эльгыгытгын на Севере Чукотки [14]. Такого же мнения придерживается и А.А. Величко [4, 5], отмечая кратковременный пик тепла в этот временной промежуток, характеризующего термохрон.

В условиях последней холодной стадии оледенения позднего плейстоцена (Q_{III}^4) соответствующей МИС 2, ЛПЗ Ка 2 формируется слой алеурита в отложениях оз. Карасье в интервале глубин 1.70–1.65 см (рис. 2). Согласно данным Хершберга и др. [24], уровень моря находился на 110 м ниже современного. Палиноспектры отражают доминирование на прибрежных равнинах залива Петра Великого заболоченных лугов и сфагновых болот с березами, ольховником, ивами и багульником. Горные отроги и прибрежные увалы занимала темнохвойная тайга,

характерная для северо-бореальной зоны из *Abies*, *Pinus s/g Haploxyylon* и *Betula*. Радиоуглеродная дата 17160±40 л.н. (20599±283 кал. л.н.), полученная из отложений оз. Карасье (табл., рис. 2), подтверждает вывод о формировании отложений, вмещающих палинозону, в условиях оледенения. Подобные палиноспектры отмечены и в отложениях оз. Ханка (скв. 579, глубина 5.2 м, ^{14}C 17840 ± 200 л.н. (21402 ± 453 кал. л.н.), Ки-2166) [2], а также в осадках шельфа Залива Петра Великого [24].

Ранний голоцен

В раннем голоцене (Q_{IV}^1) ход эволюции природной среды обусловлен начавшимся глобальным потеплением климата [5]. К сожалению, в кернах изученных нами озерных скважин отложения этого возраста выражены слабо или отсутствуют совсем, что обусловлено в большей степени генезисом и ходом эволюции озерных водоемов. Однако они хорошо прослеживаются в отложениях бассейна р. Туманной (скв. 103, интервал глубин 8.0–6.0 м), р. Усури (скв. 328, интервал глубин 3.7–3.3 м), устья р. Партизанской (скв. 9, глубина 6.8 м, ^{14}C 8900±60 л.н. (10030 ± 112 кал. л.н.), Ки-3688) [19], шельфа Залива Петра Великого (скв. 2, глубина 31.7 м, ^{14}C 8530 ± 160 л.н. (9555 ± 208 кал. л.н.), АА-36617) [25], пойменных террас р. Раздольной (т.н. 9119) и восточного сектора Приханкайской равнины (т.н. 4074а, ^{14}C 9600 ± 100 л.н. (10948 ± 163 кал. л.н.), КИ-2171) (устное сообщение Б.И. Павлюткина). Полученные палинологические данные свидетельствуют о доминировании в растительном покрове *Picea*, *Pinus koraiensis*, *Betula* sp., а также о присутствии широколиственных растений, что свидетельствует о некоторой схожести структуры растительных сообществ с современной. Низкое стояние уровня моря (около -35 м) [24] обусловило широкое развитие на месте современного шельфа заболоченных лугов.

В этот временной промежуток отмечается развитие отличительных элементов современной растительности, в частности *Pinus koraiensis*. Схожие процессы протекали и на о. Шикотан (Южные Курилы), где происходило увеличение доли кедровой стланиковой сосны (*Pinus pumila* Pall.) Regel [21], являющейся в настоящее время одним из основных элементов современной растительных формаций Курильских островов.

Средний голоцен

Эволюцию растительного покрова на начальной стадии оптимума голоцена (Q_{IV}^2) отражают пыльцевые спектры донных отложений ЛПЗ Ка 3 оз. Карасье, выделенных из слоя алеурита на глубине 1.65–1.45 м (рис. 2). Они свидетельствуют об увеличении доли широколиственных растений в ландшафтах

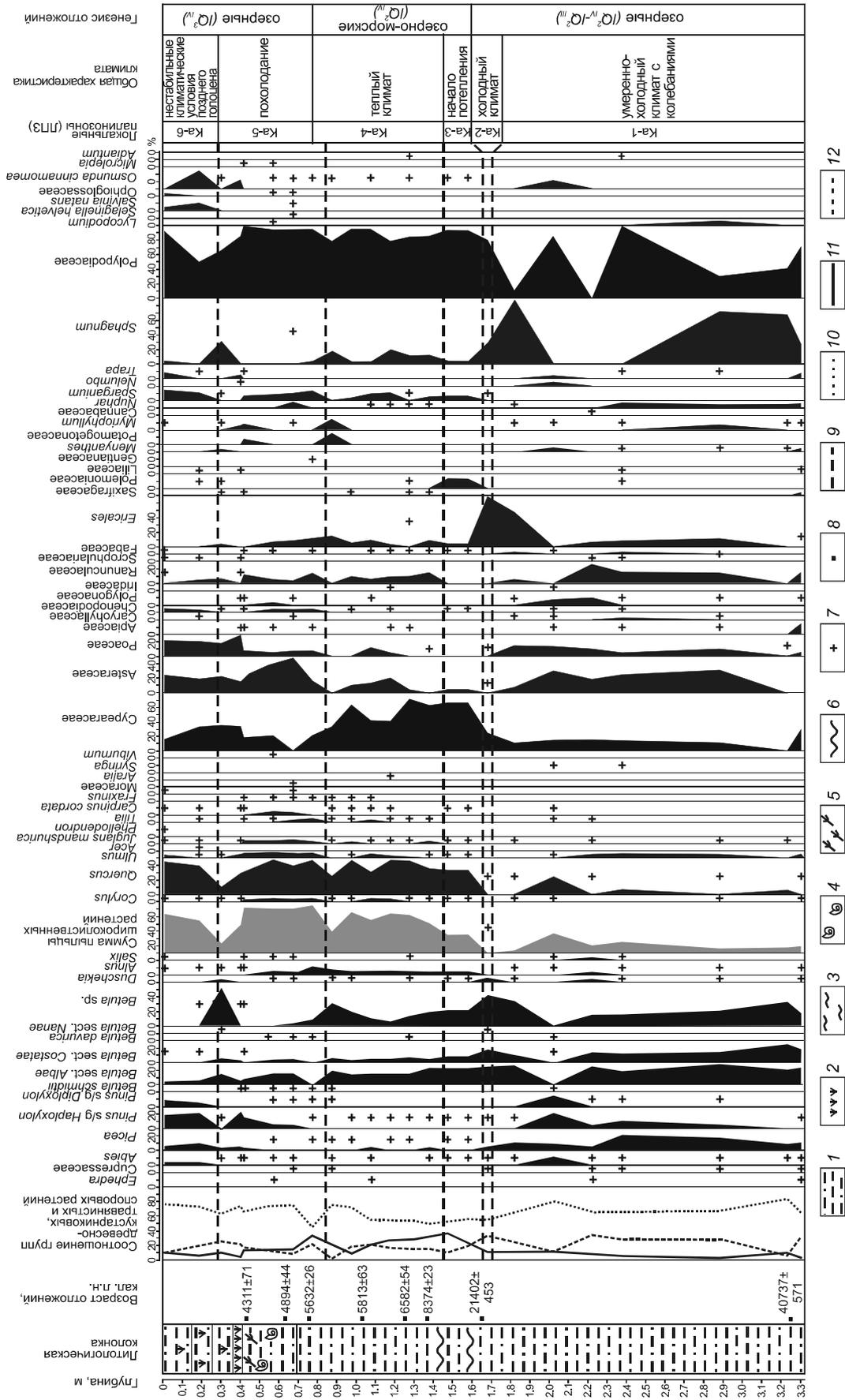


Рис. 2. Спорно-пыльцевая диаграмма скважины оз. Карась.

1 – алевроит, 2 – водорослевой торф, 3 – ил, 4 – морская ракушка, 5 – растительный детрит, 6 – перерыв в осадконакоплении, 7 – содержание спор и пыльцы в спектрах менее 3%, 8 – точки отбора на радиоуглеродный анализ, 9 – границы локальных пыльцевых зон. Соотношение групп растений: 10 – древесно-кустарниковых, 11 – травянистых, 12 – спорных.

возвышенностей и о дальнейшем повышении среднегодовых температур. В эту эпоху доминировали леса из *Quercus*, *Ulmus* и *Betula* с участием *Pinus koraiensis*. На равнинах были обычны осоково-разнотравные луга. В структуре растительного покрова практически исчезли растительные формации позднего плейстоцена и раннего голоцена – заросли *Alnus* и сфагновые болота.

Схожие палиноспектры присутствуют также и в ряде других разрезов нижнего течения р. Раздольной: т.н. 4005 (^{14}C 6530 ± 75 л.н. (7434 ± 74 кал. л.н.), Ки-2359) и 4005б [19, 23]. Результаты спорово-пыльцевого анализа показывают, что в низкогорьях доминировали полидоминантные леса с участием *Quercus mongolica* и *Quercus dentata*, доля пыльцы которых наиболее высока в палиноспектрах осадков оз. Карасье, а также *Pinus koraiensis*, *Pinus densiflora*, *Betula*, *Carpinus*, *Tilia*, *Fraxinus* и др. Повышение уровня моря на 2.5–3.0 м выше современного [10, 24] привело к затоплению прибрежных равнин и формированию штормовых валов, реликтовые формы которых и в настоящее время хорошо прослеживаются в рельефе аккумулятивной равнины р. Туманной. Исчезновение в палиноспектрах пыльцы водных растений, таких как *Menyanthes trifoliata* и *Nelumbo komarovii*, обитающих только в пресноводных водоемах, свидетельствует о проникновении в прибрежные озера морских вод и образовании лагун. Незатопленные морскими водами участки занимали преимущественно осоково-разнотравные луга.

Как свидетельствуют палиноспектры, около 5000 л. н. полидоминантные леса с доминированием *Quercus* получали наиболее широкое развитие. В это же время значительно снижалось участие *Pinus koraiensis* в структуре палеорастительности. Данная стадия эволюции растительного покрова зафиксирована в донных отложениях оз. Карасье (ЛПЗ Ка 4) ^{14}C 7550 ± 40 л.н. (8374 ± 23 кал. л.н.) (табл., рис. 2) и в оз. Утиное ^{14}C 5000 ± 80 л.н. (5763 ± 98 кал. л.н.) (табл. 1, рис. 3). Ранее подобные результаты получены Ю.А. Микишиным и др. [15], Б.И. Павлюткиным и Н.И. Беляниной [19].

Состав реконструированной растительности ЛПЗ Ка 5, выделенной в палиноспектрах донных осадках оз. Карасье (алевролит с включениями ракуши и растительного детрита и торфа, интервал глубин 0.8–0.3 м) (рис. 2) и оз. Утиное (чередование супеси, суглинка и ила, интервал глубин 3.2–1.6 м) (рис. 3), отражает значительные перестройки структуры растительного покрова западного побережья залива Петра Великого, обусловленные наступившим общепланетарным похолоданием [22] на рубеже среднего-позднего голоцена (Q_{IV}^2 – Q_{IV}^3). В ландшафтах наряду с

увеличением роли темнохвойной и мелколиственной растительности заметно сократилась доля полидоминантных лесов. При этом в экосистемах сохранялось незначительное присутствие *Pinus koraiensis*, *Quercus mongolica* и некоторых других широколиственных пород. На обширных участках прибрежно-морских равнин были характерны осоковые луга, заросли *Betula sect. Nanae* и сфагновые болота. Присутствие пыльцы водных растений свидетельствует о новом интервале понижения уровня моря. В устьях крупных рек, в частности р. Туманной, вследствие активизации эоловых процессов формировались дюнные ландшафты [11]. Результаты радиоуглеродного датирования донных осадков оз. Карасье (табл., рис. 2) подтверждают, что реконструированные изменения в составе растительности произошли при переходе от среднего голоцена к позднему.

Наступившее похолодание отчетливо фиксируется и в аллювиальных отложениях более северных районов Приморья. Палинологические данные, свидетельствующие об увеличении суровости климата, получены и из отложений высоких пойменных террас р. Бол. Казачка [18], осадков лагунной террасы бухты Чинсядзу на рубеже около 2,5 тыс. л.н. [22], 1-й надпойменной террасы р. Киевка [12], пойменной террасы нижнего течения р. Раздольной [23] и р. Бикин [17].

Однако климатические условия позднего голоцена не были однородными. Так, в позднем голоцене (Q_{IV}^3) имело место и потепление климата [8]. Оно получило выражение в спектрах из ЛПЗ Ка 6, выделенной в донных осадках оз. Карасье (чередование алевролита и торфа, интервал глубин 0.3–0.0 м) (рис. 2) и в оз. Утиное (чередование супеси и суглинка, интервал глубин 1.6–0.0 м) (рис. 3). В палиноспектрах повышается доля пыльцы *Quercus*, *Ulmus*, *Pinus koraiensis* и *Pinus densiflora* по сравнению с ЛПЗ Ка 5. Присутствует пыльца *Juglans mandshurica*, *Carpinus cordata*, *Acer* и *Abies holophylla*. В составе СПС появляются споры *Salvinia natans* (являющегося единственным водным папоротником флоры России), что свидетельствует о пресноводном характере рассматриваемых озерных водоемов. На склонах гор доминировали ландшафты из дуба монгольского, пихты и сосны корейской с присутствием *Betula sect. Costatae* и *Betula davurica*. На равнинах были обычны осоково-разнотравно-вейниковые луга.

В конце позднего голоцена в палиноспектрах осадков оз. Утиное (^{14}C 1810 ± 60 л.н., 1736 ± 80 кал. л.н.) (табл., рис. 3) заметно возрастает доля пыльцы *Abies holophylla*, *Ulmus*, *Juglans mandshurica*, *Carpinus cordata*, *Acer* и др. В ландшафтах происходила экспансия лесов с господством *Quercus mongolica* и *Pinus koraiensis*, а на крайнем юге Хасанского района,

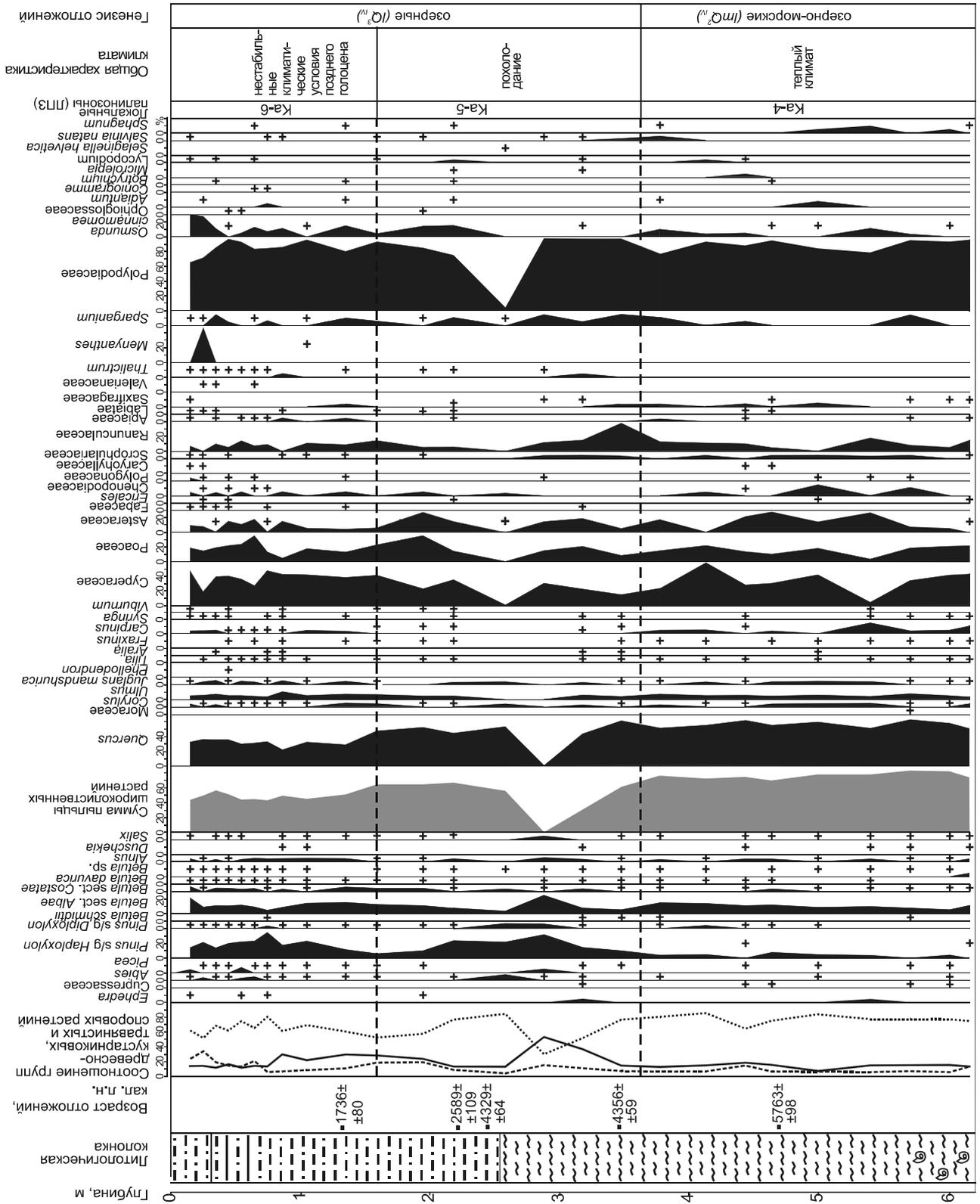


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма скважины оз. Угиное. Усл. обозн. см. на рис. 2.

вероятно, и *Quercus dentata*. Схожие результаты, свидетельствующие о текущем голоценовом потеплении климата, получены также Н.Г. Разжигасовой и др. [21].

Рецентные СПС, выделенные из донных отложений изученных озер, отражают структуру современной растительности рассматриваемой территории на уровне формаций. Высокое содержание в осадках пыльцы *Pinus koraiensis* и *Quercus*, а также присутствие им пыльцевых таксонов *Pinus densiflora*, *Abies holophylla*, *Betula sect. Costatae*, *Corylus*, *Ulmus* и *Juglans mandschurica*, свидетельствуют о широком развитии сосново-широколиственных лесов.

ВЫВОДЫ

Приведенные новые биостратиграфические материалы по донным отложениям прибрежных озер западного побережья залива Петра Великого отражают влияние глобальных климатических колебаний на эволюцию растительного покрова и свидетельствуют о значительных перестройках растительности в позднем плейстоцене–голоцене. Палинологические летописи, подкрепленные данными радиоуглеродного датирования, расширяют представление о развитии растительности в оледенение (МИС 2), когда широкое распространение получали растительные формации, характерные для севера бореальной зоны, а также в межледниковья (МИС 3 и МИС 1), характеризующиеся преобладанием умеренно-термофильных растений. Интересно и то, что представленные данные по МИС 3 совпадают с выводами А.А. Величко [4] о кратковременном потеплении климата в эту эпоху, соответствующую условиям межледниковья (Q_{III}^3). Полученные палинологические материалы свидетельствуют о некоторой схожести компонентов растительности этого временного интервала с ранним голоценом (Q_{IV}^1).

Авторы статьи выражают искреннюю благодарность д.г.н. Е.В. Безруковой и д.г.-м.н. Е.В. Кезиной за полезные и конструктивные замечания при подготовке статьи, а также активному участнику полевых работ д.г.н. А.М. Короткому, которого, к сожалению, уже нет с нами.

Полевые работы и основные анализы были профинансированы за счет грантов Национального Научного фонда США (гранты АТМ-8915415, АТМ-9317569, АТМ-00-117406), Дальневосточного отделения Российской академии наук (грант 15-1-2-067) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 15-05-06420). Часть этой работы была выполнена под эгидой Департамента США по энергетике в Калифорнийском университете, Ливерморской национальной лаборатории по договору № W-7405-ENG-48.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев М.Н. Антропоген Восточной Азии М.: Наука, 1978. 205 с.
2. Белянин П.С., Белянина Н.И. К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неоплейстоцене–голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеан. геология, 2012. Т. 31, № 2. С. 96–100.
3. Белянина Н.И., Белянин П.С. Палеорастительность аккумулятивной равнины р. Туманная (Туманган) в среднем неоплейстоцене // Тихоокеан. геология, 2014. Т. 33, № 4. С. 110–116.
4. Величко А.А. Средневалдайский, зыряно-сарганский мегаинтервал и климатический ранг его оптимума // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Новосибирск: СО РАН, 2009. С. 107–109.
5. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
6. Голубева Л.В., Караулова Л.П. Растительность и климатостратиграфия плейстоцена и голоцена юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983. 141 с.
7. Зыкина В.В. Лессово-почвенная последовательность в эволюции природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: ГЕО, 2012. 477 с.
8. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 256 с.
9. Комаров В.Л. Введение к флорам Китая и Монголии // Труды СПб. бот. сада, 1908. Т. XXIX. Вып. 1. 176 с.
10. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.
11. Короткий А.М., Разжигасова Н.Г., Мохова Л.М. и др. Береговые дюны – индикатор глобальных похолоданий (о. Кунашир, Курильские острова) // Тихоокеан. геология, 1996. Т. 15, № 1. С. 53–59.
12. Короткий А.М., Макарова Т.Р. Палеогеографические и геоморфологические аспекты устойчивости геосистем в бассейнах горных рек. Владивосток: Дальнаука, 2005. 293 с.
13. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И. Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Усури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 4. С. 53–56.
14. Ложкин А.В. Непрерывная летопись изменений природной среды Чукотки за последние 350 тысяч лет // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 6. С. 53–59.
15. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене южного Приморья // Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2013. С. 443–445.
16. Муратова М.В., Алешинская З.В., Болиховская Н.С. и др. Изменение природы Приханкайской равнины в позднем плейстоцене // Палеогеография плейстоцена Дальнего Востока и его морей. Владивосток: Ред.-изд. отдел ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 81–89.
17. Назаркина А.В., Белянин П.С. Этапы формирования аллювиальных почв в ландшафтах бассейна реки Бикин в среднем и позднем голоцене (бассейн реки Амур) // Почвоведение

- ние. 2013. № 12. С. 1411–1422.
18. Павлюткин Б.И., Пушкарь В.С., Белянина Н.И. и др. Голоценовые отложения бассейна р. Раздольная (Юго-западное Приморье) // Палеогеографические рубежи и методы их изучения. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 43–53.
 19. 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.
 20. Покровская И.М. Пыльцевой анализ. М.: Госгеолгиздат, 1950. 571 с.
 21. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И., Гребенникова Т.А. Стратиграфия торфяника долины р. Горобец и развитие природной среды о. Шикотан (Малая Курильская гряда) в голоцене // Тихоокеан. геология. 2008. Т. 28, № 4. С. 82–98.
 22. Шумова Г.М., Климанов В.А. Растительность и климат позднеледниковья и голоцена прибрежной зоны северного Приморья // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 154–160.
 23. Элбакидзе Е.А. Масштабы голоценовой ингрессии Японского моря в Южном Приморье // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 2. С. 102–108.
 24. Хершберг Л.Б., Михайлик В.С., Пушкарь В.С. и др. Строение, вещественный состав илистой толщи шельфа юга Приморья и перспективы ее освоения // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 2. С. 90–99.
 25. Kuzmin Y.V., Levchuk L.K., Burr G.S. et al. Jull AMS ¹⁴C dating of the marine Holocene key section in Peter the Great Gulf, Sea of Japan // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B. 2004. V. 223–224. P. 451–454.
 26. 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. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.calpal-online.de>

Рекомендована к печати Б.А. Вороновым

P.M. Anderson, N.I. Belyanina, P.S. Belyanin, A.V. Lozhkin

Evolution of the vegetation cover of Peter the Great Bay western coast in the Late Pleistocene-Holocene

The biostratigraphic division of the bottom sediments of the Karasie and Utinoe Lakes by using palynological analysis and radiocarbon dating was made. It allowed us to understand in detail the evolution of the vegetation cover of Peter the Great Bay western coast in the Late Pleistocene and Holocene. New evidences of repeated and significant environmental changes over the past 35000 years, corresponding to marine isotope stages (MIS) 3–1, have been established. Recent materials are the basis for paleogeographic reconstructions and correlation of the events within the Quaternary period of the extreme south of the Russian Far East with other Eurasian regions. The results of research showed that the evolution of the vegetation cover in MIS 3 (Q_{III}³) occurred under interglacial conditions. The palinoflora characterizes a short-term warming. The last cold epoch of the Late Pleistocene in MIS 2 (Q_{III}⁴) was marked by extensive development of vegetation, typical of the North Boreal zone. A rapid expansion of deciduous forests happened at the Late Pleistocene and Holocene (Q_{III}⁴-Q_{IV}²) boundary. Late Glacial vegetation formations completely disappeared by that time. In the range from seven to five thousand years ago polydominant forests of oak, hornbeam and walnut were widespread. The final optimal Holocene (Q_{IV}²-Q_{IV}³) phase was marked by the series of climatic changes. The shrub communities of alder and birch appear again in the composition of the vegetation. In the Late Holocene there is an increase in the structure of plant formations of broadleaf plants and pines. The end of the Late Holocene was marked by a wide development of pine forests.

Key words: vegetation, coastal lakes, local palynozones, Late Pleistocene, Holocene, Peter the Great Bay, south Far East of Russia.