

УДК 911.2 551.8(571.63)

DOI: 10.15372/GIPR20220315

**М.С. ЛЯЩЕВСКАЯ, А.Г. КИСЕЛЕВА, К.С. ГАНЗЕЙ,
И.М. РОДНИКОВА, Н.Ф. ПШЕНИЧНИКОВА**

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 690041, Владивосток, ул. Радио, 7, Россия,
lyshevskay@mail.ru, alena_kiseleva@mail.ru, kganzey@tigdvo.ru, rodnikova_ilona@mail.ru, n.f.p@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА МАЛЫХ ОСТРОВОВ АРХИПЕЛАГА ИМПЕРАТРИЦЫ ЕВГЕНИИ В ГОЛОЦЕНЕ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Проведено геоботаническое, почвенное и биостратиграфическое изучение малых островов архипелага Императрицы Евгении. Выполнена оценка современного состояния их экосистем. Основными факторами, повлиявшими на состав, структуру, разнообразие и динамику почвенно-растительного покрова в голоцене, были разнонаправленные климатические флуктуации, связанные с колебаниями инсоляции, которые приводили к перестройке циркуляции атмосферы и морских вод, колебаниям уровня моря. Установлено, что в теплые эпохи увеличивалась лесистость, доминировали широколиственные леса с богатым видовым разнообразием пород, в холодные фазы древесная растительность становилась более разреженной, в ее составе преобладали березы и ольха, доля широколиственных сильно сокращалась. Антропогенное воздействие выразилось в появлении сорных растений, прохождении пожаров, развитии эрозионных процессов и турбированности почв. Современный растительный покров малых островов архипелага Императрицы Евгении — это антропогенно-измененные низкорослые широколиственные кустарниково-разнотравные с лианами леса, кустарниково-полукустарниковые фитоценозы, галофитная растительность пляжей и петрофитная растительность приморских скал. Почвенный покров представлен зональными почвами — буроземами, преимущественно с маломощным и сильноскелетным профилем. Выявлено, что основные отличия растительного покрова малых островов архипелага от крупных следующие: доминирование травяно-кустарниковой растительности, в частности, зарослей полыни Гмелина и низколесья из-за постоянного воздействия ветров. Здесь создаются условия для активного развития гумусообразования, иллювиально-гумусового процесса и формируется глубоко гумусированный профиль почв. Малая площадь островов и выположенный рельеф определяют более мористые условия, что отражается на составе растительных сообществ, а также на распространении галофитных группировок в зоне заплеска, кустарниково-полукустарниковых сообществ с кустарниковой липой в наветренных участках. На менее доступном из островов Пахтусова единично встречается охраняемый вид тис остроколючный. В лишайниковом покрове благодаря значительной доле лесной растительности преобладают эпифитные лишайники, присутствуют эпилитные виды, характерные для открытых экотопов на скальных выходах, и галофитные в зоне заплеска волн.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, изменения климата, колебания уровня моря, климатические флуктуации, факторы формирования ландшафтов, экосистемы островов.

**M.S. LYASHCHEVSKAYA, A.G. KISELYOVA, K.S. GANZEI,
I.M. RODNIKOVA, N.F. PSHENICHNIKOVA**

Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
690041, Vladivostok, ul. Radio, 7, Russia, lyshevskay@mail.ru, alena_kiseleva@mail.ru, kganzey@tigdvo.ru,
rodnikova_ilona@mail.ru, n.f.p@mail.ru

CHANGES IN SOIL AND VEGETATION COVER OF SMALL ISLANDS OF THE EUGENIE ARCHIPELAGO IN THE HOLOCENE (PETER THE GREAT GULF, SEA OF JAPAN)

A geobotanical, soil and biostratigraphic study of the small islands of the Eugenie Archipelago was carried out. An assessment of the current state of their ecosystems has been made. The main factors determining the composition, structure, diversity and dynamics of soil and vegetation cover in the Holocene were multidirectional climatic fluctuations associated with variations in insolation which led to a restructuring of the atmospheric circulation and sea waters, and to sea level fluctuations. It is found that in warm epochs, forest cover increased, and broad-leaved forests with a rich diversity of species were dominant, whereas in cold phases tree vegetation became more sparse, with birch and alder predominating in its composition, and the share of broad-

leaved species was greatly reduced. The anthropogenic impact was manifested in the appearance of weeds, the passage of fires, and the development of erosion and turbidity of the soil cover. The modern vegetation cover of the studied small islands of the Eugenie Archipelago consists of anthropogenically altered low-growing broad-leaved shrub-forb forests with lianas, shrub-subshrub phytocenoses, halophytic vegetation of beaches and petrophytic vegetation of coastal rocks. The soil cover is represented by zonal soils: brown soils, mainly with a thin and strongly skeletal profile. It was found that the main differences between the vegetation cover of the small islands of the archipelago and that of the large ones are: the dominance of grass and shrub vegetation, in particular, thickets of Gmelin wormwood and low forests due to the constant influence of winds. At the same time, conditions are created for the active development of humus formation and illuvial-humus processes, which ensures the formation of a deeply humified soil profile. The small area of the islands and the flattened relief determine more seaward conditions, which is reflected in the composition of plant communities, in the distribution of halophytic groups in the overwash zone, shrub-subshrub communities with shrub linden in the windward areas. A protected species of Japanese yew occurs only singly on the less accessible of the Pakhtusov Islands. Due to a significant share of forest vegetation, the lichen cover is dominated by epiphytic lichens; there occur epilithic species typical for open ecotopes on rocky outcrops, and halophytic species in the overwash zone.

Key words: spore-pollen analysis, climate change, sea level fluctuations, climatic fluctuations, factors of landscape formation, island ecosystems.

ВВЕДЕНИЕ

Экосистемы малых островов залива Петра Великого (ЗПВ) в силу своего географического положения в прибрежно-островной зоне Северо-Востока Азии чутко реагируют на изменения климата, колебания уровня моря и другие процессы, происходящие как на глобальном, так и на локальном уровнях. Это приводит к формированию природных систем, компоненты которых сильно отличаются от материковых аналогов. Архипелаг Императрицы Евгении представляет собой гряду островов в ЗПВ Японского моря и состоит из пяти крупных островов (Русский, Попова, Рикорда, Рейнеке, Шкота) и двух десятков более мелких. С 2009 г. авторами проводились геоботанические, почвенные и палеогеографические исследования на островах ЗПВ [1–8]. Для дальнейшего изучения островных геосистем были выбраны южные малые острова архипелага Императрицы Евгении, расположенные вблизи о. Рикорда, полевые работы осуществлялись в 2014 г.

Цель данного исследования — выделить наиболее важные факторы и закономерности формирования ландшафтов, определяющие состав, структуру, разнообразие и динамику почвенно-растительного покрова островов Моисеева, Пахтусова и Желтухина; провести реконструкцию климатических и экологических изменений в среднем–позднем голоцене, сравнить полученные результаты с данными по другим островам ЗПВ и материковым побережьям.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Методика исследования. В 2014 г. на островах Желтухина, Моисеева и Пахтусова было проведено комплексное геоэкологическое обследование территории: собран гербарный материал сосудистых растений и лишайников, сделаны геоботанические и почвенные описания, из почвенных разрезов по генетическим горизонтам отобраны пробы на спорово-пыльцевой и радиоуглеродный анализы (рис. 1).



Рис. 1. Малые острова архипелага Императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море).

1 — почвенный разрез. Границы: 2 — района исследования, 3 — государственная.

Морфологические характеристики и типовая принадлежность почв даны согласно современной классификации и диагностике почв [9, 10]. Образцы для пылевого анализа обрабатывали по сепарационному методу В.П. Гричука. Микроскопические исследования выполнены с помощью биологического микроскопа Zeiss Axio Imager.A2. В образцах было подсчитано не менее 300 пылевых зерен и спор. Подсчет процентов был выполнен по методике, где за 100 % принимается сумма пыльцы древовидных и травянистых растений, а содержание споровых считается от общей суммы. Палинокомплексы выделялись путем объединения близких по своим характеристикам палиноспектров, сформировавшихся в сходных природно-климатических условиях. Для построения диаграмм использовано программное обеспечение Tilia v. 2-0-41. Радиоуглеродное датирование проводилось в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана Санкт-Петербургского государственного университета (см. таблицу). Определение возраста отложений разрезов выполнено на основании корреляции спорово-пылевых данных и установленных особенностей растительности времени их накопления с палинологическими записями и фитоценоотическими реконструкциями, полученными по голоценовым разрезам островов ЗПВ и прилегающего к ним материкового побережья. Для адекватного сопоставления материалов из разных источников авторы используют некалиброванные радиоуглеродные даты. Калиброванные даты представлены в таблице.

Результаты радиоуглеродного датирования отложений островов залива Петра Великого

Остров	Датируемый материал	Глубина отбора, см	Лаб. номер	Радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный возраст (календарный), кал. лет	Литература
Моисеева	Почва	45–55	ЛУ-7901	6310 ± 210	7180 ± 230	Данные авторов*
Пахтусова	»	25–30	ЛУ-7903	2280 ± 280	2320 ± 340	»
	»	28–33	ЛУ-7902	1630 ± 90	1540 ± 110	»
Рикорда	»	40–45	ЛУ-7900	5250 ± 110	6050 ± 130	»
	»	40–45	ЛУ-7562	3520 ± 90	3810 ± 110	[4]
	Торф	50–55	ЛУ-7563	1640 ± 90	1550 ± 110	»
	Почва	23–43	ЛУ-7127	4020 ± 110	4530 ± 180	[5]
	Торф	25–30	ЛУ-7564	16 560 ± 120	19 860 ± 310	[4]
Энгельма	Почва	63–71	ЛУ-7528	4470 ± 140	5120 ± 190	[5]
Попова	Почва	45–52	ЛУ-7461	3320 ± 250	3580 ± 310	[2]
	»	46–56	ЛУ-7462	4570 ± 190	5230 ± 250	»
Стенина	Гиттия	85–95	ЛУ-7982	3650 ± 90	3980 ± 130	[6]
	Раковины моллюсков	129–139	ЛУ-7983рак	5130 ± 120	5880 ± 150	»
	»	150–155	D-AMS 011549	6329 ± 34	7249 ± 50	»
	»	129–139	D-AMS 011550	6262 ± 32	7209 ± 58	»
Русский	Гиттия	240–245	СОАН-7675	5355 ± 85	6134 ± 107	[14]
	»	220–225	СОАН-7674	5105 ± 75	5841 ± 82	»
	»	200–205	СОАН-7673	4750 ± 80	5467 ± 102	»
	Торф	185–190	СОАН-7672	4725 ± 80	5457 ± 101	»
	»	155–160	СОАН-7671	3645 ± 75	3980 ± 100	»
	»	125–130	СОАН-7670	3120 ± 75	3331 ± 86	»
	»	112–117	СОАН-7669	2605 ± 65	2671 ± 106	»
	»	97–102	СОАН-7668	2040 ± 65	2017 ± 82	»
	»	73–75	СОАН-7667	1550 ± 70	1450 ± 70	»
	»	35–40	ЛУ-8850	750 ± 90	700 ± 80	[18]
	Гиттия	45–50	ЛУ-8851	3270 ± 150	3510 ± 90	»
Шкота	Торф	20–25	ЛУ-9255	90 ± 60	140 ± 80	[19]
	»	30–35	ЛУ-9256	730 ± 70	680 ± 60	»
	Торфянистый алевроит	50–55	ЛУ-9254	1340 ± 120	1240 ± 130	»

*См. данную статью.

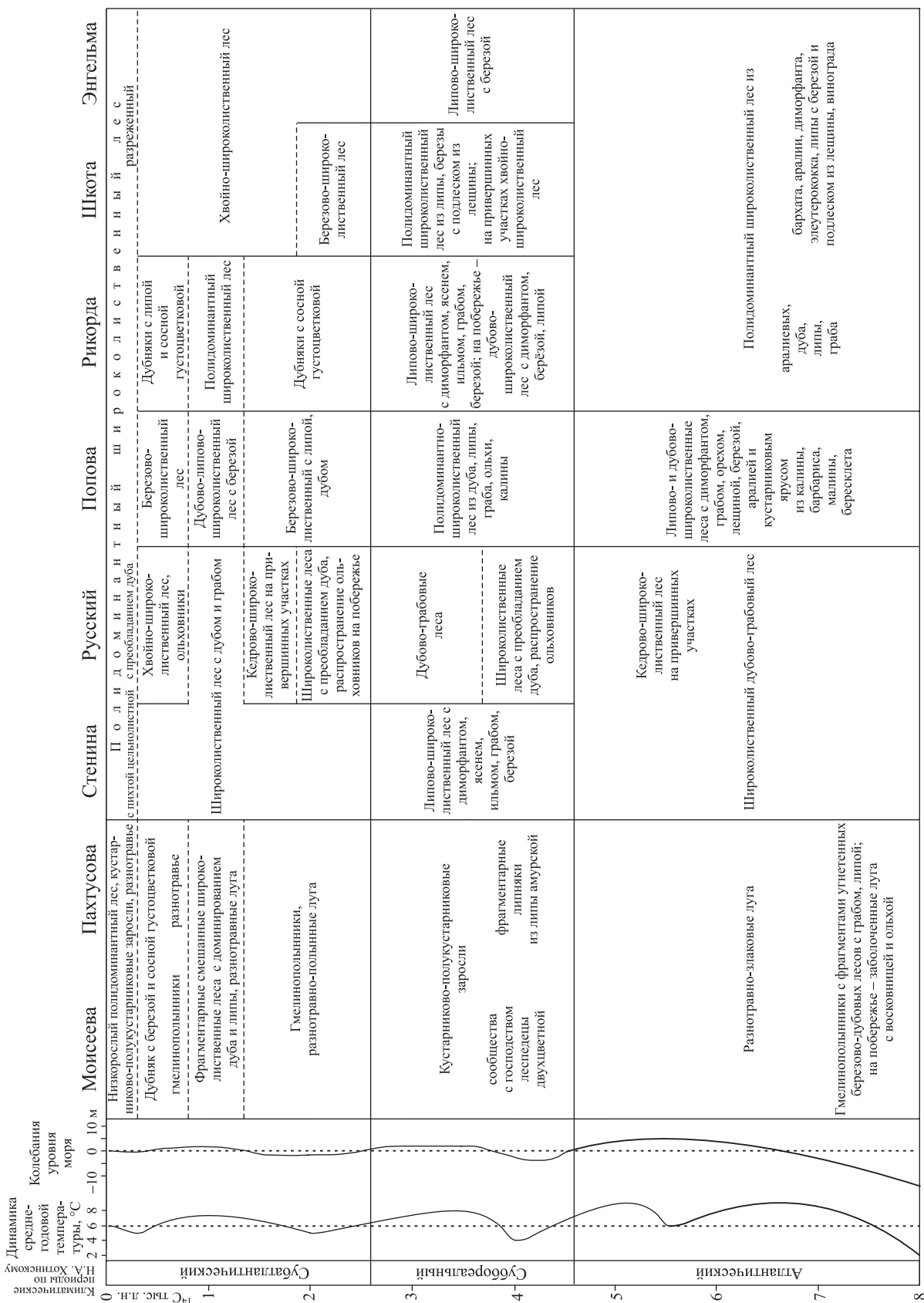


Рис. 2. Изменения окружающей среды на островах залива Петра Великого в среднем—позднем голоцене: развитие растительности, кривая колебаний уровня моря, климатические флуктуации.

На основе новых пыльцевых и радиоуглеродных данных голоценовых отложений островов Желтухина, Моисеева и Пахтусова, а также ранее полученных палеоэкологических данных для других островов ЗПВ [1–8, 14, 18, 19] была проведена детальная реконструкция климатических и экологических изменений в среднем–позднем голоцене (рис. 2).

Кривая изменения уровня Японского моря в среднем – позднем голоцене построена по материалам работ [11, 13, 20–22]. Реконструкции относительного уровня моря основаны на микропалеонтологическом анализе (диатомеи, бентосные фораминиферы), данных о раковинах морских моллюсков в морских отложениях и радиоуглеродном датировании.

Природные условия района исследования. Климат залива Петра Великого определяется муссонной циркуляцией атмосферы, географическим положением района, положением траекторий циклонов, эпизодическим выходом тайфунов, воздействием холодного Приморского и теплого Цусимского (на юге) течений. Среднее годовое количество осадков в районе г. Владивостока достигает 830 мм, максимум приходится на август–сентябрь. Зимы малоснежные с сильными северо-западными ветрами. Средняя годовая температура воздуха 6 °С, самый холодный месяц – январь (–16÷–17 °С), теплый – август (20–21 °С) [23].

Остров Желтухина – самый южный в архипелаге Императрицы Евгении, его площадь 33 га. В рельефе выделяется две возвышенности в западной (наивысшая точка – 75 м над ур. моря) и восточной частях, разделенные широкой седловиной. На северном побережье расположена обширная серпообразная бухта.

Остров Моисеева по форме напоминает подкову с максимальной высотой 50 м и небольшой каменной бухтой в южной части.

Острова Пахтусова представлены тремя небольшими островками, лежащими на подводной каменной гряде. Самый крупный остров – южный – о. Большой Пахтусова. Он имеет максимальную отметку в 41,9 м над ур. моря. На южном побережье между двумя вытянутыми мысами расположена бухта Подкова. Остров Центральный Пахтусова состоит из двух возвышенных частей с максимальной высотой 27,5 м над ур. моря, соединенных ложбиной-перемычкой. Северный о. Пахтусова – скалистый, высшая точка – 19,5 м над ур. моря.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Остров Желтухина. Лесистость острова составляет около 45 % от площади. Южная и западная части покрыты низкорослым полидоминантным широколиственным кустарниково-разнотравным с лианами лесом. Древостой из липы амурской (*Tilia amurensis*), бархата амурского (*Phellodendron amurense*), аралии высокой (*Aralia elata*), ясени носолистного (*Fraxinus rhynchophylla*) и др. Кустарниковый ярус из калины Саржента (*Viburnum sargentii*), барбариса амурского (*Berberis amurensis*), малины боярышниковидной (*Rubus crataegifolius*), жимолости Рупрехта (*Lonicera ruprechtiana*) и др. Травостой из оноклеи чувствительной (*Onoclea sensibilis*), лука охотского (*Allium ochotense*), однопокровницы амурской (*Arisaema amurense*), какалии копьевидной (*Cacalia hastata*), волжанки двудомной (*Aruncus dioicus*) и др. Во внеярусной растительности – виноград амурский (*Vitis amurensis*) и актинидия острая (*Actinidia arguta*). В северной части острова на пляже развита галофитная растительность из шиповника морщинистого (*Rosa rugosa*), колосняка мягкого (*Leymus mollis*), сосюреи хорошенькой (*Saussurea pulchella*), мари белой (*Chenopodium album*) и др. На востоке преобладает петрофитная растительность прибрежных скал: очитник уссурийский (*Hylotelephium ussuriense*), смолевка длинностолбиковая (*Silene macrostyla*), лапчатка китайская (*Potentilla chinensis*) и др.

В лишайниковом покрове доминируют эпифитные виды, которые развиваются как на коре деревьев, так и на каменном субстрате в лесу и на побережье. Наиболее часто встречаются широко распространенные миелохроа золотистая (*Myelochroa aurulenta*), анаптихия изидиза (*Anaptychia isidiza*), феофисция мохнатая (*Phaeophyscia hispidula*). На приморских скалах массово развиваются следующие виды: рамалина коротковатая (*Ramalina subbreviscula*), пармелия усыпанная (*Xanthoparmelia conspersa*), ксантопармелия хироакиенская (*X. hirosakiensis*), виды родов Калоплака (*Caloplaca*) и Аспицилия (*Aspicilia*). На почве лишайники встречаются редко из-за хорошо развитого травяного покрова.

Почвенный покров острова представлен типичными для прибрежно-островной зоны ЗПВ почвами – буроземами – с характерной вариацией по мощности и каменности профиля в зависимости от геоморфологического положения. На автоморфных возвышенных позициях и на крутых склонах с многочисленными выходами скальных пород на дневную поверхность формируются маломощные сильноскелетные буроземы (мощность профиля до 30 см). На пологих нижних частях склонов раз-

виты типичные буроземы с более глубокой проработкой почвенного профиля мощностью до 50–60 см. Узкой полосой по северному побережью у основания песчано-галечного пляжа распространены аллювиальные серогумусовые (дерновые) почвы на морских отложениях.

В почвенном покрове сохраняются следы военного присутствия: прибрежная морская терраса острова использовалась в качестве военного полигона, и ее территория сильно техногенно трансформирована, а почвенный профиль характеризуется как техногенно турбированный.

Разрез 2-14 (координаты: 42,4941 с. ш., 131,3646 в. д.) заложен на низкой слабонаклонной морской террасе на высоте 8 м над ур. моря, в 15 м от песчано-галечного пляжа. Поверхность слабонаклонная. Растительность: заросли полыни Сиверса (*Artemisia siversiana*) (проективное покрытие 95 %) с редким включением трав и единичной порослью винограда амурского, куртинами из шиповника морщинистого. Профиль буроземов турбированных включает горизонты: АУ (0–10 см) – [АУ, АУВМ, АУВМ] tr (10–50 см) – С (50 см и ниже).

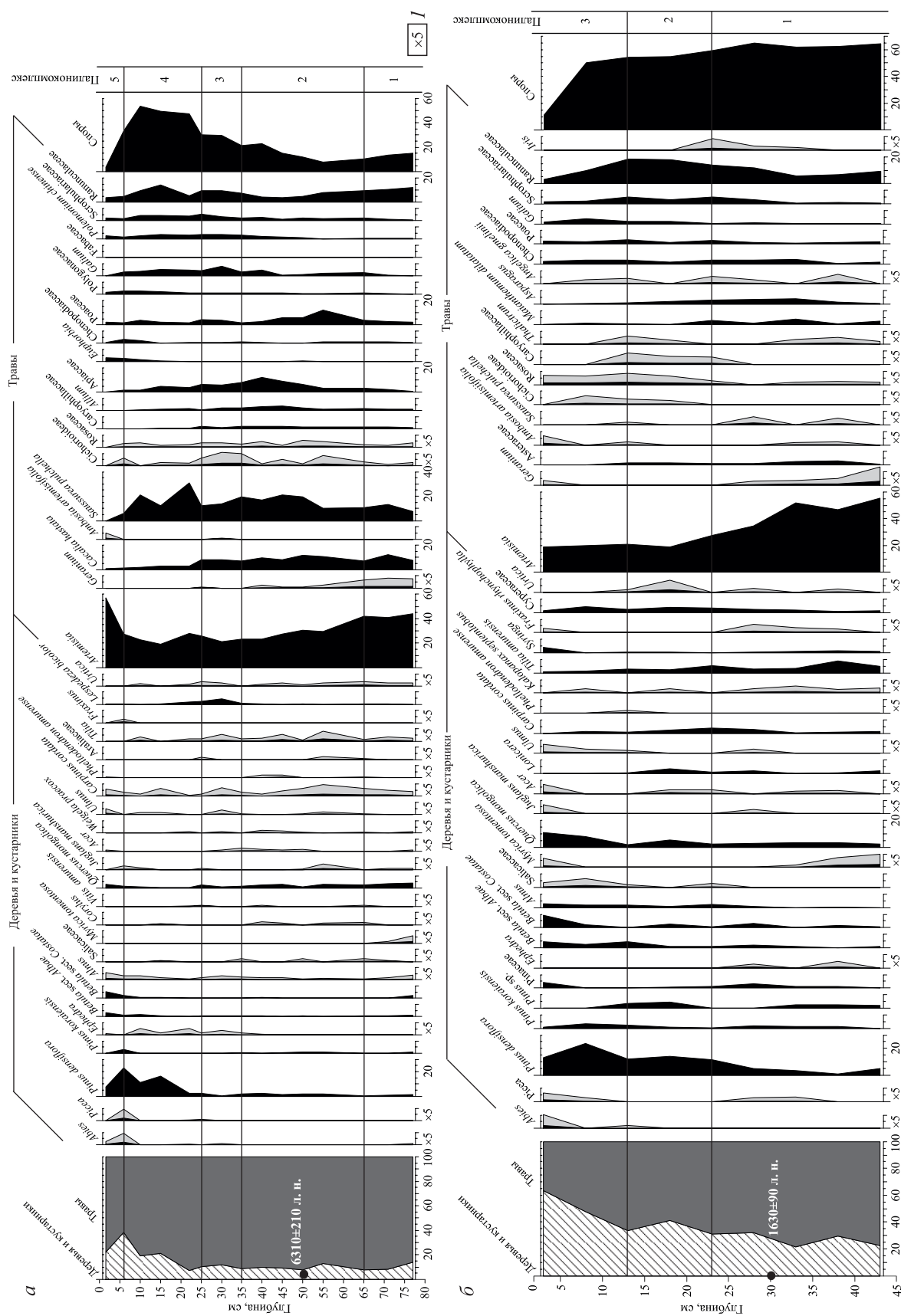
Спорово-пыльцевой анализ отложений разреза 2-14 был проведен только для горизонта АУ, так как в нижних горизонтах почвенная масса перемешана. В спорово-пыльцевых спектрах доминирует пыльца трав, причем ее количество постепенно уменьшается к поверхности от 68 до 52 %. В группе деревьев и кустарников преобладает пыльца хвойных, содержание которой увеличивается в 2 раза (до 25 %) в субфоссиальном спектре. Наибольшие значения у сосны густоцветковой (*Pinus densiflora*) — до 18 %. Количество пыльцы мелколиственных пород также возрастает в 2 раза (до 14 %) по сравнению со спектром из нижней части горизонта. Доминирует пыльца березы плосколистной (*Betula platyphylla*) — до 8 % и березы даурской (*B. dahurica*) — до 4 %. Количество пыльцы широколиственных пород сначала уменьшается с 14 до 6 %, после чего вновь возрастает в 2 раза. Преобладает пыльца дуба монгольского (*Quercus mongolica*) (до 9 %). Содержание пыльцы граба сердцелистного (*Carpinus cordata*) — до 3 %. В группе трав преобладает пыльца рода полыни (*Artemisia*) — до 27 %, в меньшем количестве присутствует пыльца родов марены (*Rubia*) — до 10 %, лютиковых (*Ranunculaceae*) — до 12 %, розовых (*Rosaceae*) — до 9 % и др. В группе споровых растений доминируют папоротники семейства многоножковых (*Polypodiaceae*). Из непыльцевых палиноморф встречены споры гриба рода арбускулярных микоризных грибов (*Glomus*), пресноводные диатомовые водоросли.

Остров Моисеева. Лесистость составляет около 35 % от площади острова. Северная и южная части покрыты небольшим низкорослым лесом из липы амурской, граба сердцелистного, яблони маньчжурской (*Malus mandchurica*), клена мелколистного (*Acer mono*), аралии высокой; в кустарниковом ярусе: крушина уссурийская (*Rhamnus davurica*), бересклет Максимовича (*Euonymus maximowicziana*), элеутерококк колючий (*Eleutherococcus senticosus*), смородина Максимовича (*Ribes maximowiczianum*); в травостое: майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), копытень Зибольда (*Asarum sieboldii*), борец гириинский (*Aconitum kirinense*) и др. В восточной части острова расположен валунный пляж с галофитной растительностью из шиповника морщинистого, мертвенции приморской (*Mertensia maritima*), льнянки японской (*Linaria japonica*) и др. Центральная и западная части покрыты кустарниково-полукустарниковой растительностью из кустарниковой липы амурской, крушины, вейгелы ранней (*Weigela praecox*), чубушника тонколиственного (*Philadelphus tenuifolius*), шиповника Максимовича (*Rosa maximowicziana*) и полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*).

На прибрежных скалах развиваются лишайники, приспособленные к засушливым условиям, виды родов Аспицилия (*Aspicillia*) и Канделяриелла (*Candelariella*). В условиях заплеска произрастают галофитные веррукария черная (*Hydropunctaria maura*), аталлия лозообразная (*Athallia scopularis*). На коре деревьев и кустарников преобладают широко распространенные на побережье залива эпифитные лишайники.

Комплекс природных факторов — небольшая площадь, выположенный рельеф, густая травяно-кустарниковая растительность, покрывающая остров, и активное геохимическое воздействие моря (туманы, импультверизация, осадки) — обуславливают специфику почвообразовательных процессов и формирование буроземов темных и буроземов темных иллювиально-гумусовых с характерной глубокой гумусированностью профиля.

Разрез 4-14 (координаты: 42,5016 с. ш., 131,3757 в. д.) заложен на террасовидной слабоволнистой поверхности южной оконечности острова на высоте 19 м над ур. моря в 10 м от абразионного уступа. Растительность представляет собой заросли полыни Гмелина с единичным возобновлением (кустарниковая форма) липы амурской; для травостоя характерны синюха китайская (*Polemonium chinense*), виды рода вьюнков (*Convolvulus*), молочай Комарова (*Euphorbia komaroviana*). Профиль буроземов темных иллювиально-гумусовых включает горизонты: О (0–15 см) – АУ (1,5–6 см) – АУВМ (6–22 см) – ВМh (22–71 см) – ВМС (71–77 см).



По результатам спорово-пыльцевого анализа отложений почвенного разреза 4-14 выделено пять палинокомплексов (ПК) (рис. 3, а).

Остров Большой Пахтусова. Лесистость острова составляет около 40 % от площади. Западная и восточная части покрыты низкорослым полидоминантным кустарниково-разнотравным с лианами лесом из липы амурской, аралии высокой, клена ложно-Зибольдова (*Acer pseudosiboldianum*), калопанакса семиллопастного (*Kalopanax septemlobus*), черемухи Максимовича (*Padus maximowiczii*) и др.; в подлеске произрастают вишня Саржента (*Cerasus sargentii*), малина боярышниковолистная и др.; в травостое наблюдаются любка дальневосточная (*Platanthera metabifolia*), змеевик маньчжурский (*Bistorta manshuriensis*), герань волосистотычинковая (*Geranium eriostemon*), купальница крупнолепестная (*Trollius macropetalus*), вороний глаз шестилестный (*Paris verticillata*) и др.; во внеярусной растительности: актинидия коломикта (*Actinidia kolomikta*). Южная, юго-восточная и северо-восточная части острова покрыты кустарниково-полустарниково-травяными сообществами с лианами, сформированными из ивы козьей (*Salix caprea*), шиповника Максимовича, полыни Гмелина, дербенника иволистного (*Lythrum salicaria*), винограда амурского, марены иезской (*Rubia jesoensis*), актинидии острой. На пляжах распространена галофитная растительность из колосняка мягкого, качима тихоокеанского (*Gypso-phylla pacifica*) и др.

В лишайниковом покрове в лесу на коре деревьев развиваются миелохроа золотистая, феофисция мохнатая, пармотрема жемчужная (*Parmotrema perlatum*). На коре кустарников отмечено обильное развитие лишайников рода Рамалина (*Ramalina*). На приморских скалах встречаются как типичные эпилитные виды, так и эпифитные лишайники.

Почвенный покров о. Большой Пахтусова отличается сравнительно большим разнообразием, чем другие острова Пахтусова. В центральной возвышенной части под лесным массивом в условиях хорошего внутрипочвенного дренажа формируются буроземы типичные маломощные сильноскелетные (разрез 6-14). В северо-восточной части острова на высокой морской террасе, поросшей зарослями полыни Гмелина и обдуваемой морскими ветрами, формируются буроземы темные маломощные сильноскелетные. В их профиле на глубине 5–19 см (разрез 5-14) обнаружено включение морской гальки, что, по-видимому, связано с более высоким уровнем моря в прошлом. На выположенной узкой террасе юго-восточного участка острова, под полидоминантным широколиственным лесом в условиях слабо сдержанного водообмена развиты буроземы оподзоленные (разрез 7-14).

Разрез 6-14 (координаты: 42,5355 с. ш., 131,3848 в. д.) заложен в срединной части о. Большой Пахтусова примерно в 5 м от вершины северного склона крутизной 15°, на высоте 22 м над ур. моря. Поверхность волнистая с выраженными приствольными повышениями. Растительность представляет собой куртину леса (сомкнутость 95 %). В древостое преобладают клен ложно-Зибольдова, ясень носолистный, мелкоплодный ольхолистный (*Micromeles alnifolia*), бархат амурский, яблоня маньчжурская; лианы — актинидия острая, в кустарниковом ярусе — смородина Максимовича, бересклет Максимовича, калина Саржента, крушина уссурийская; в травостое — майник широколиственный (*Maiáanthemum dilatatum*), однопокровница амурская, фиалка восточная (*Viola orientalis*), оноклея чувствительная. Профиль буроземов типичных включает горизонты О (0–3 см) — АУ (3–8 см) — АУВМ (8–23 см) — ВМ (23–38 см) — ВМС (38–49 см и ниже).

В результате спорово-пыльцевого анализа отложений почвенного разреза 6-14 было выделено три палинокомплекса (рис. 3, б).

Разрез 7-14 (координаты: 42,5346 с. ш., 131,3857 в. д.) заложен на южной оконечности острова в привершинной части северо-восточного склона на высоте 8 м над ур. моря. Поверхность ровная. Растительность представляет собой небольшой лесной массив, в древостое которого преобладают липа амурская, клен ложно-Зибольдова, ясень носолистный, яблоня маньчжурская, калопанакс семиллопастный, в кустарниковом ярусе — смородина Максимовича, малина боярышниковолистная, в травостое — разреженно крапива двудомная (*Urtica dioica*), оноклея чувствительная, синюха китайская, марена иезская, лапчатка китайская. Профиль буроземов оподзоленных маломощных сильноскелетных включает горизонты: О (0–1 см) — АУ (1–20 см) — АУЕЛ (20–35 см) — ВМ (35–49 см) — ВМС (49–53 см и ниже).

По результатам спорово-пыльцевого анализа отложений почвенного разреза 7-14 выделено четыре палинокомплекса (рис. 4, а).

Остров Центральный Пахтусова. Лесистость составляет около 60 % от площади острова. Это низкорослый широколиственный кустарниково-разнотравный с лианами лес, в древостое которого наблюдаются липа амурская, клен мелколистный, бархат амурский, яблоня маньчжурская, аралия вы-

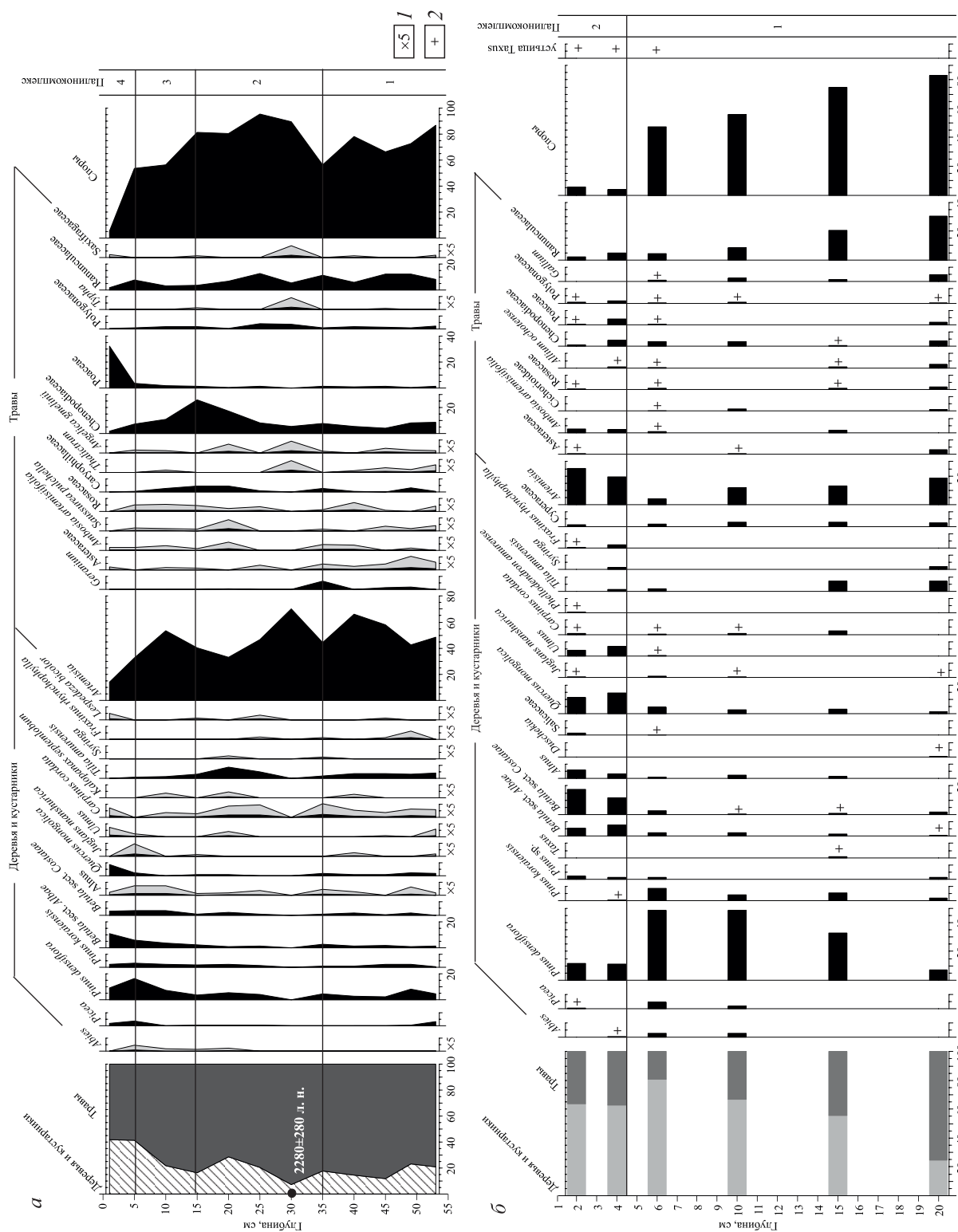


Рис. 4. Сторово-пыльцевая диаграмма почвенных разрезов 7-14 (а), о. Большой Пахтусова и 25-14 (б), о. Центральный Пахтусова.

1 — повышающий коэффициент; 2 — содержание пыли $< 1\%$.

сокая, единично встречен тис остроконачный (*Taxus cuspidata*); для подлеска характерны жимолость Рупрехта, крушина уссурийская, барбарис амурский, смородина Максимовича, а для травостоя — лихнис Уилфорда (*Lychnis wilfordii*), вороний глаз, лук охотский, марена и др. В восточной части распложены заросли полыни Гмелина, на побережье — галофитная растительность.

Разнообразие лишайников определяется наличием доступных местообитаний: на коре деревьев в лесных сообществах развиваются типичные эпифитные виды. Приморские скалы в зоне заплеска заселены галофитными видами родов Веррукария (*Verrucaria*) и Калоплака (*Caloplaca*). На открытых участках скал развиваются виды родов Аспицилия (*Aspicillia*), Ксантопармелия (*Xanthoparmelia*) и Фисция (*Physcia*).

В почвенном покрове острова на крутых склонах под криволесьем широколиственного леса развиты буроземы типичные маломощные с сильноскелетным профилем. На выположенном понижении между возвышенностями острова под зарослями полыни Гмелина формируются буроземы темные маломощные.

Разрез 25-14 (координаты: 42,5405 с. ш., 131,3915 в. д.) был заложен в понижении-ложбине между возвышенными частями острова на высоте 18 м над ур. моря. Растительность: заросли полыни Гмелина с включением малины боярышничколистной и редко шиповником Максимовича. Профиль буроземов темных маломощных включает горизонты: О (0–1,5 см) — АУ (1,5–9 см) — АУВМ (9–31 см) — ВМС (31–42 см и ниже).

В результате спорово-пыльцевого анализа отложений почвенного разреза 25-14 было выделено два палинокомплекса (см. рис. 4, б).

Новые результаты палинологического исследования генетических горизонтов почвенных профилей, подкрепленные радиоуглеродным анализом, и полученные данные по современному состоянию растительного покрова исследуемых островов позволили реконструировать климатические условия и развитие растительности в среднем—позднем голоцене, а также провести сравнение с другими островами ЗПВ и прилегающим материковым побережьем. Предыдущие реконструкции показали, что в самом начале голоцена климат был холоднее современного, но уже в среднем бореале (8,3–8,9 тыс. л. н.) на территории Приморья возникли оптимальные климатические условия [12].

Медленный подъем уровня моря в результате послеледниковой трансгрессии около 9,6 тыс. л. н. достиг на шельфе Приморья отметок –48÷–49 м ниже современного [13]. Затопление прибрежной суши привело к образованию островов в заливе Петра Великого около 10–8 тыс. л. н., имеющих общую флору и фауну [4]. Прибрежные низменности покрывали заболоченные луга с восковницей войлочной (*Myrica tomentosa*) и ольхой японской (*Alnus japonica*), на возвышенностях преобладали гмелинополынные с фрагментами угнетенных березово-дубовых лесов с примесью граба сердцелистного, липы амурской (см. рис. 2). Более высокая доля, по сравнению с современной, пыльцы широколиственных в составе спорово-пыльцевых спектров отложений древнее 6,3 ¹⁴С л. н. (см. рис. 3, а, ПК 1) позволяет предположить, что климат был теплее современного. Об избыточном увлажнении территории свидетельствует присутствие в составе спорово-пыльцевых спектров спор зеленых водорослей.

Около 8–7 тыс. л. н. продолжающаяся трансгрессия повысила положение уровня Японского моря до отметок –20÷–25 м ниже современного [22]. Площадь суши сокращалась, и прибрежные заболоченные низменности с восковницей исчезали, чему также способствовало продолжающееся потепление климата. Теплое Цусимское течение проникало к северо-западному побережью Японского моря, повышая температуру и соленость воды [24], создавая синергетический эффект на островах. Самые высокие значения пыльцы широколиственных пород (особенно граба сердцелистного, ореха маньчжурского, аралиевых, липы амурской) были получены для отложений возрастом около 6,3 тыс. ¹⁴С л. н. (см. рис. 3, а, ПК 2). Но несмотря на общий тренд увеличения широколиственных пород, основными фитоценозами на малых островах в это время были разнотравно-злаковые луга на фоне сокращения гмелинополынных (см. рис. 4). О повышенной влажности почв островов в данный период свидетельствует присутствие в составе спектров спор зеленых водорослей и аскоспор грибов, характерных для небогатых (мезотрофных) почв с рН 5,5–6,5.

В атлантический период (~8–4,6 тыс. л. н.) на всех островах ЗПВ отмечается наиболее широкое распространение широколиственных пород [2, 4–6]. На островах Шкота, Энгельма, Лаврова были развиты уникальные ландшафты, не имеющие современных аналогов как минимум на территории Приморья. Полидоминантный широколиственный лес состоял из бархата, аралии, калопанакса, элеутерококка, липы амурской с примесью березы плосколистной и подлеском из лещины маньчжурской,

винограда амурского с папоротниковым покровом. На о. Рикорда полидоминантный широколиственный лес состоял, главным образом, из аралиевых, дуба монгольского, липы амурской, граба сердцелистного [4] (см. рис. 2). На о. Стенина в отложениях атлантического возраста найдена заносная пыльца бука японского (*Fagus japonica*), свидетельствующая о расширении его ареала на север [6].

На материковом побережье Южного Приморья самый теплый период голоцена проявился в распространении грабово-дубовых лесов [15].

Среднегодовая температура оценивается на 2–3 °С выше современной, а суммы осадков достигают 1100–1600 мм/год [16]. Трансгрессия на побережье Приморья превысила современный уровень моря на 2–3 м [21], образовались теплые мелководные заливы и лагуны.

После термического максимума атлантического периода происходит постепенное снижение климатических параметров на 1,5–2,0 °С ниже современных и плавный спад уровня моря до 4,0 м ниже современного около 4 тыс. ¹⁴С л. н. [25, 26]. Исчезают многочисленные лагуны, небольшие заливы, береговая линия существенно выравнивается.

В составе растительности островов ЗПВ уменьшается участие широколиственных пород и увеличивается — мелколиственных и хвойных [14] (см. рис. 2). На о. Моисеева также фиксируется уменьшение роли широколиственных (с 9 до 3 %) по отношению к пыльцевым спектрам атлантического периода. Активизируются процессы почвенной эрозии.

Около 3,8 тыс. ¹⁴С л. н. на островах ЗПВ отмечалось улучшение климатических условий, что способствовало формированию широколиственных и хвойно-широколиственных формаций [5, 14]. На островах Моисеева и Пахтусова доминировали кустарниково-полукустарниковые заросли, в частности, на о. Моисеева среди кустарниковых группировок значительные площади занимали сообщества с господством леспедецы двуцветной (*Lespedeza bicolor*) (см. рис. 3, а, ПК 3). На о. Пахтусова фрагментарно были представлены липняки из липы амурской (см. рис. 2, рис. 4, а, ПК 1).

В начале субатлантического периода, около 2,5–2,3 тыс. ¹⁴С л. н., произошло резкое и существенное похолодание климата (снижение среднегодовых температур на 1,5–2,0 °С ниже современных [25]), которое привело к сокращению лесной растительности и увеличению площадей, занятых гмелинополынниками и разнотравно-полынными лугами на малых островах (см. рис. 3, а, ПК 4, рис. 4, а, ПК 1). Об избыточном увлажнении почв свидетельствуют находки диатомовых и зеленых водорослей. На других островах ЗПВ происходило усиление позиций березы, в том числе появление сообществ с кустарниковой березой, вытеснение широколиственных, исчезновение термофилов и распространение ольховников, гмелинополынников. На ряде островов развивались хвойно-широколиственные леса [2, 4–6] (см. рис. 2). На материковом побережье распространялись березово-ольховые леса, в горах произошла экспансия кедровых лесов с большим, нежели в настоящее время, участием пихты и ели [15].

Усиление штормовой деятельности фиксируется по широкому распространению группировок из сосюреи хорошенькой на о. Моисеева в зоне ветрового забрызга (см. рис. 3, а, ПК 4). На других островах ЗПВ активизация фронтально-циклональной деятельности прослеживается по увеличению в десятки раз в составе спорово-пыльцевых спектров количества пыльцы хвойных, особенно сосны густоцветковой [5, 8].

Похолодание сопровождалось падением уровня моря до 1,5 м ниже современного, что привело к исчезновению лагун, образованию морских террас, иссушению болот и возникновению аллювиальных равнин в долинах рек.

Наступившее дальнейшее постепенное улучшение климатических условий достигло своего максимума в VII–XIII вв. н. э. (средневековая климатическая аномалия) [27]. На территории Приморья среднегодовая температура повысилась на 1–1,3 °С, в основном за счет более теплых зим. Предположительно увеличилось и годовое количество атмосферных осадков [11]. Отмечено три пика активизации теплых течений системы Курошио [28]. Подъем уровня Японского моря для этого времени примерно оценивается на 1 м выше современного [20].

Пыльцевые данные исследуемых островов свидетельствуют об увеличении доли древесной пыльцы (см. рис. 3, а, ПК 4, рис. 4, а, ПК 3). Развитие получают фрагментарные смешанные широколиственные леса с доминированием дуба монгольского и липы амурской. Локальное распространение маревых на о. Пахтусова, скорее всего, связано с увеличением в воздухе большого количества мелкодисперсной влаги в результате усиления штормовой деятельности и подъема уровня моря (см. рис. 4, а, ПК 2). О значительном увлажнении почв говорит присутствие зеленых водорослей.

Увеличение роли широколиственных пород, в том числе термофилов, во время средневековой климатической аномалии зафиксировано на островах Русский, Стенина и др. (см. рис. 2), а также на побережье п-ова Муравьева-Амурского и в горных районах Приморья [6, 14, 17, 29].

После окончания средневековой климатической аномалии наступил малый ледниковый период (XIII–XIX вв. н. э.) [27]. Считается, что глобальная температура понизилась на 1–2 °С, высота снежного покрова увеличилась, летние сезоны были более дождливыми.

На о. Моисеева уменьшились площадь, занятая лесной растительностью, а также участие в ней ореха маньчжурского и ясеня носолистного; на о. Пахтусова лесистость увеличилась. В сложении древостоев возросла роль берез и дуба монгольского, вероятно, присутствовала сосна густоцветковая (см. рис. 3, а, ПК 5, рис. 3, б, ПК 3, рис. 4, а, ПК 4), а на о. Центральный Пахтусова появился тис остроконачный (см. рис. 4, б, ПК 1). На других островах ЗПВ число широколиственных в этот период сокращалось, исчезали термофилы [4, 6]. На о. Русском увеличивалась роль кедра корейского (*Pinus koraiensis*) и пихты цельнолистной (*Abies holophylla*), распространялись ольховники [14] (см. рис. 2). На материковом побережье господствовали ландшафты ольхово-березовых лесов, в горах — кедровых и сосновых [15].

Современное потепление началось примерно в 70-х годах XIX в. С конца 1970-х гг. XX в. по начало 2000-х гг. температура вод в центральной части Японского моря возросла на ~4 °С [30].

На о. Пахтусова увеличилась лесистость, особенно численность дуба монгольского и берез, появились луга с господством злаков (см. рис. 3, б, ПК 3, рис. 4, а, ПК 4). На о. Желтухина возросло участие разнотравья, а на о. Моисеева — гмелинопопынников (см. рис. 3, а, ПК 6). На других островах помимо дуба монгольского в составе древесной растительности увеличивается также доля граба сердцелистного [6] (см. рис. 2).

Присутствие спор грибов рода Гломус (*Glomus*) в поверхностных спектрах свидетельствует об активных эрозионных процессах; зеленые, диатомовые водоросли и амебы рода Арцелла (*Arcella*) — об избыточном увлажнении; появление фрагментов хитинового покрова почвенных клещей говорит как об изменении состава почвы в сторону увлажнения, так и о повышении ее температуры.

Антропогенное влияние отражается в присутствии амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia*) в травянистых сообществах изученных островов. На других островах ЗПВ расширились площади, занятые мелколиственными лесами, гмелинопопынниками, леспедечниками и лугово-кустарниковыми сообществами (острова Фуругельма, Энгельма и др.). На некоторых таких участках наблюдается поросль древесной растительности, свидетельствующая о благонадежном восстановлении леса [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными факторами, определяющими развитие и становление ландшафтов малых островов ЗПВ в среднем–позднем голоцене, были разнонаправленные климатические флуктуации, которые приводили к перестройке циркуляции атмосферы и морских вод, колебаниям уровня моря. Все эти факторы влияли на изменения почвенно-растительного покрова. Антропогенное воздействие проявилось в появлении сорных растений, прохождении пожаров, развитии процессов эрозии и турбированности почвенного покрова.

Малая площадь островов и выположенный рельеф определяют здесь более мористые условия, что отражается на составе растительных сообществ, в распространении галофитных группировок в зоне заплеска, кустарниково-полукустарниковых сообществ с кустарниковой липой в наветренных участках. При этом создаются условия для активного развития гумусообразования и иллювиально-гумусового процессов, что обеспечивает формирование глубоко гумусированного профиля почв. На менее доступном из островов — о. Пахтусова — единично встречается охраняемый вид — тис остроконачный. Видовой состав лишайников отражает современные природные условия островов: преобладание эпифитных лишайников обусловлено значительной долей лесной растительности, присутствие эпилитных видов характерно для открытых экотопов на скальных выходах, а галофитных — в зоне заплеска волн. Кроме этого, широкое распространение видов, выдерживающих антропогенное воздействие, обусловлено влиянием человеческой деятельности на рассматриваемые островные сообщества.

Проведенные исследования существенно дополняют знания об эволюции почвенно-растительного покрова Приморского края в среднем–позднем голоцене, дают конкретное представление о факторах и закономерностях формирования ландшафтов малых островов. Результаты исследования могут быть использованы для оценки природного потенциала рассматриваемых территорий при планировании хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Пшеничникова Н.Ф., Лящевская М.С., Родникова И.М., Ухваткина О.Н., Юрченко С.Г. Геоэкологическое состояние посадок пихты цельнолистной и их роль в восстановлении хвойно-широколиственных геосистем о-ва Русский // География и природ. ресурсы. — 2019. — № 2. — С. 59–68.
2. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Родникова И.М., Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф. Природные и антропогенные факторы развития геосистем острова Попова (Японское море) // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 131–141.
3. Латушко Ю.В., Ганзей К.С., Лящевская М.С., Пискарева Я.Е., Киселева А.Г., Прокопец С.Д., Пшеничникова Н.Ф. Историко-географическое исследование островов залива Петра Великого (на примере острова Рикорда) // Ойкумена. Регионоведческие исследования. — 2016. — № 1 (36). — С. 23–39.
4. Лящевская М.С. Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20 000 лет // Успехи современного естествознания. — 2016. — № 11-2. — С. 372–379.
5. Лящевская М.С. Динамика растительного покрова островов залива Петра Великого // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2015. — № 3. — С. 121–128.
6. Лящевская М.С., Ганзей К.С., Макарова Т.Р. Реконструкция палеоусловий острова Стенина (Японское море) в среднем–позднем голоцене // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. — 2017. — № 2. — С. 3–20.
7. Пшеничников Б.Ф., Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф. Формирование полигенетических буроземов на красноцветных корях выветривания острова Рикорда (залив Петра Великого, Приморский край) // География и природ. ресурсы. — 2020. — № 3 (162). — С. 137–145.
8. Rodnikova I.M., Lyashchevskaya M.S., Kiseleva A.G., Pshenichnikova N.F. The state and dynamics of the soil-vegetation cover on small islands of the Gulf of Peter the Great (the Sea of Japan) // Geography and Natural Resources. — 2012. — Vol. 33 (1). — P. 61–66.
9. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
10. Полевой определитель почв России / Под ред. К.Т. Остриковой — М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2008. — 182 с.
11. Короткий А.М., Волков В.Г., Гребенникова Т.А., Разжигаета Н.Г., Пушкарь В.С., Ганзей Л.А., Мохова Л.М. Дальний Восток // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 млн лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена). — М.: ГЕОС, 1999. — С. 146–164.
12. Троицкая Т.С., Караулова Л.П., Царько Е.И. Первый опыт детального расчленения морского голоцена южного Приморья по комплексу палеонтологических данных // Бюлл. комиссии по изуч. четвертичного периода. — 1978. — № 48. — С. 66–78.
13. Кузьмина Н.Н., Шумова Г.М., Полякова Е.И., Недешева Г.Н. Палеогеографические реконструкции голоцена северо-западного побережья и шельфа Японского моря // Изв. АН СССР. Сер. геогр. — 1987. — № 4. — С. 78–89.
14. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Палеосреда острова Русский (Южное Приморье) в среднем–позднем голоцене // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 3. — С. 516–522.
15. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене южного Приморья // VIII Всерос. совещание по изучению четвертичного периода: Фундаментальные проблемы квартара, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: сб. статей. — Ростов-на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. — С. 443–445.
16. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. Поздняя фаза атлантического периода голоцена на юге Приморья // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 12. — С. 96–107.
17. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Bazarova V.B., Arslanov Kh.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Belyanina N.I., Lyashevskaya M.S. Landscape response to the Medieval Warm Period in the South Russian Far East // Quat. International. — 2019. — Vol. 519. — P. 215–231.
18. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Korniyushenko T., Ganzey K., Kudryavtseva E., Prokopets S. Environmental changes and human impact on landscapes as recorded in lagoon-lacustrine sequences of Russky Island, South Far East // Journ. of Asian Earth Sciences. — 2020. — Vol. 197. — P. 104386.
19. Разжигаета Н.Г., Ганзей Л.А., Макарова Т.Р., Корнюшенко Т.В., Кудрявцева Е.П., Ганзей К.С., Судьин В.В., Харламов А.А. Палеозеро острова Шкота: природный архив изменений климата и ландшафтов // Геосистемы переходных зон. — 2020. — Т. 4, № 2. — С. 230–249.
20. Короткий А.М. Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции) // Вестн. ДВО РАН. — 1994. — № 3. — С. 29–42.
21. Кузьмина Н.Н., Полякова Е.И., Шумова Г.М. К истории голоценовой трансгрессии Японского моря // Геология морей и океанов: Тез. докл. V Всесоюз. школы морской геологии. — М.: Изд-во Ин-та океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР, 1982. — С. 50–52.
22. Каплин П.А. Развитие шельфовой зоны в плейстоцене // Геоморфология и палеогеография шельфа. — М.: Наука, 1978. — С. 157–164.

23. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР. Многолетние данные. Приморский край. — Л.: Гидро-
меоиздат, 1988. — Сер. 3. — Вып. 26. — 416 с.
24. **Kuzmin Y.V., Levchuk L.K., Burr G.S., Jull A.J.T.** 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. — Vol. 223–
224. — P. 451–454.
25. **Короткий А.М., Скрыльник Г.П., Коробов В.В.** Тенденции изменения природной среды и возможные сцена-
рии ее развития на юге Дальнего Востока // Вестн. ДВО РАН. — 2010. — № 6. — С. 3–16.
26. **Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С.** Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палео-
география. — Новосибирск: Наука, 1980. — 232 с.
27. **Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S., Bradley R., Hughes M.K., Shindell D., Ammann C., Faluvegi G., Ni F.** Glob-
al signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly // Science. — 2009. —
Vol. 326. — P. 1256–1260.
28. **Koizumi I., Shiga K., Irino T., Ikehara M.** Diatom record of the late Holocene in the Okhotsk Sea // Marine Micro-
paleontology. — 2003. — Vol. 49. — P. 139–156.
29. **Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Kudryavtseva E.P., Grebennikova T.A., Pani-
chev 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 his-
torical time // Quat. International. — 2019. — Vol. 516. — P. 127–140.
30. **Andreev A.G.** Interannual variability of water discharge through the Korea (Tsushima) Strait and its influence on the
dissolved oxygen content in the Sea of Japan // Russian Meteorology and Hydrology. — 2010. — Vol. 35 (9). —
P. 633–640.

Поступила в редакцию 05.10.2021

После доработки 22.12.2021

Принята к публикации 29.03.2022