

УДК 551.89:551.799 (571.642)

ЭВОЛЮЦИЯ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЮГЕ САХАЛИНА В АТЛАНТИЧЕСКОМ ПЕРИОДЕ ГОЛОЦЕНА

Микишин Ю.А.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН», Владивосток, e-mail: yurimikishin@fegi.ru

Атлантический период голоцена на юге о. Сахалин насчитывал не менее 12 короткопериодических ландшафтно-климатических изменений, группирующихся в три эпохи. Ранняя, «Вавайская», эпоха продолжалась с 8000 радиоуглеродных л.н. / 8800 календарных л.н. до 6000 л.н. / 6800 к.л.н. и отличалась наиболее теплым и сухим климатом. В растительном покрове преобладали многопородные широколиственные леса с доминированием дуба и ореха. Середина эпохи, около 7100–6800 л.н. / 7900–7700 к.л.н., отмечилась холодным эпизодом «Ключи», вызвавшим развитие пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород. Средняя, «Сусуйская», эпоха (6000–5000 л.н. / 6900–5700 к.л.н.) характеризовалась, в целом, более холодным и влажным климатом. Она включала 6 ландшафтно-климатических изменений: «Рорэ» (6000–5900 л.н. / 6900–6700 к.л.н.) – с климатом теплее и суше современного и растительностью смешанных лесов; «Южанка» (5900–5600 л.н. / 6700–6400 к.л.н.) – теплее и влажнее предыдущего, с пихтово-еловыми лесами с участием широколиственных деревьев; «Черемшанка» (5600–5450 л.н. / 6400–6300 к.л.н.) – теплее и суше предыдущего эпизода, но прохладнее «Вавайской» эпохи, со смешанными лесами; «Владимировка» (5450–5300 л.н. / 6300–6100 к.л.н.) – с условиями, близкими к современным, со смешанными лесами и пихтово-еловой тайгой в середине эпизода; «Пензенский-2» (5300–5200 л.н. / 6100–6000 к.л.н.) – теплее и суше современного, с широколиственными лесами; «Новиково» (5200–5000 л.н. / 6000–5700 к.л.н.) – с климатом, близким к современному, и елово-пихтовой тайгой. Поздняя, «Мерейская», эпоха развивалась около 500 лет в конце атлантического периода. Отличалась более теплым и сухим климатом, чем современный, но уступавшим условиям «Вавайской» эпохи. Содержала теплые эпизоды «Пензенский-3» (5000–4800 л.н. / 5700–5500 к.л.н.) и «Пензенский-1» (4700–4600 л.н. / 5400–5300 к.л.н.) со смешанными лесами, разделявшиеся холодным и влажным событием «Невзрачный» (4800–4700 л.н. / 5500–5400 к.л.н.) с пихтово-еловой тайгой.

Ключевые слова: голоцен, ландшафтно-климатические изменения, спорово-пыльцевой комплекс, радиоуглеродное датирование, палеорастительность, палеоклимат

EVOLUTION OF LANDSCAPE-CLIMATIC CHANGES ON THE SOUTH SAKHALIN IN THE ATLANTIC PERIOD OF HOLOCENE

Mikishin Yu.A.

Far East Geological Institute Far Eastern Branch RAS, Vladivostok, e-mail: yurimikishin@fegi.ru

Atlantic Period of Holocene in the south part of Sakhalin Island counted at least 12 short-period landscape and climatic changes, grouped into three epoch. The Early, «Vavayskaya» epoch lasted from 8,000 yr.BP / 8,800 Cal.yr.BP up to 6,000yr.BP / 6,800 Cal.yr.BP and had the warmest and driest climate. The vegetation cover was dominated by multi-species cool temperate broadleaved forests dominated by oak and walnut. Middle of the epoch, about 7,100–6,800 yr.BP / 7,900–7,700 Cal.yr.BP marked by the cold episode «Kluchy», which caused the development of fir/spruce forests with the participation of broadleaved species. The Middle, «Susuykaya» epoch (6,000–5,000 yr.BP / 6,900–5,700 Cal.yr.BP was characterized, in general, by a colder and wetter climate. It included 6 landscape and climatic changes: «Rohre» (6,000–5,900 yr.BP / 6,900–6,700 Cal.yr.BP, with a warmer and drier climate than modern and mixed forest in the vegetation; «Yuzhanka» (5,900–5,600 Cal.yr.BP / 6,700–6,400 Cal.yr.BP, warmer and more humid than the previous one, with fir/spruce forests and broadleaved trees; «Cheremshanka» (5,600–5,450 Cal.yr.BP / 6,400–6,300 Cal.yr.BP, warmer and drier than the previous episode, but cooler than the «Vavayskaya» epoch, with mixed forests; «Vladimirovka» (5,450–5,300 yr.BP / 6,300–6,100 Cal.yr.BP, with conditions similar to modern ones, with mixed forests and fir/spruce taiga in the middle of the episode; «Penzenskiy-2» (5,300–5,200 yr.BP / 6,100–6,000 Cal.yr.BP, warmer and drier than modern, with cool temperate broadleaved forests; «Novikovo» (5,200–5,000 yr.BP / 6,000–5,700 Cal.yr.BP with a climate close to the modern one, and spruce/fir taiga. The late, «Mereyskaya» epoch, developed for about 500 years at the end of the Atlantic Period. It was distinguished by a warmer and drier climate than the modern one, but it was inferior to the conditions of the «Vavayskaya» epoch. It contained warm episodes «Penzenskiy-3» (5,000–4,800 yr.BP / 5,700–5,500 Cal.yr.BP) and «Penzenskiy-1» (4,700–4,600 yr.BP / 5,400–5,300 Cal.yr.BP), with mixed forests, separated by the cold and humid event «Nevzrachnyi» (4,800–4,700 yr.BP / 5,500–5,400 Cal.yr.BP) with fir-spruce taiga.

Keywords: Holocene, landscape-climatic changes, pollen assemblage, radiocarbon dating, paleovegetation, paleoclimate

Атлантический период, согласно периодизации голоцена для северной Евразии [1], имеет возрастные рамки 8000 и 4600 радиоуглеродных лет назад (л.н.). Приведение к астрономическому возрасту [2] определяет их в среднем в 8800 и 5300 календарных лет назад (к.л.н.). На юге Сахалина для этого интервала времени были выявлены три

экспансии широколиственных лесов, развивавшиеся в более теплых, нежели современные, климатических условиях, а также две – мелколиственных и темнохвойных формаций, сменявших их во время похолоданий [3]. Вторая, позднеатлантическая экспансия распространения широколиственных лесов сопоставлялась с оптиму-

мом голоцена. Дальнейшие исследования новейших отложений южной части острова, проведенные в течение 2000–2020 гг., позволили существенно дополнить картину ландшафтно-климатических изменений, происходивших в атлантическом периоде голоцена, и пересмотреть время наступления его оптимальной фазы.

Цель исследования: восстановить эволюцию ландшафтно-климатических изменений на юге Сахалине в атлантическом периоде голоцена.

Материалы и методы исследования

Для восстановления эволюции ландшафтно-климатических изменений была

использована палинологическая характеристика 85 образцов разнофациальных отложений из 17 разрезов, датированных радиоуглеродным анализом (рис. 1). Радиоуглеродный возраст отложений (таблица) определялся в лабораториях палеоклиматологии кайнозоя Института геологии и минералогии СО РАН (20 дат, индекс СОАН), физического факультета Дальневосточного государственного, ныне федерального, университета (7 дат, индекс ДВГУ), физического факультета Уральского пединститута (3 даты, индекс УПИ), геохимии изотопов и геохронологии ГИН РАН (2 даты, индекс ГИН), Института наук о Земле СПбГУ (1 дата, индекс ЛУ).



Рис. 1. Изученные разрезы южного Сахалина с отложениями атлантического периода голоцена: 1 – «Вавайский-I», 2 – «Вавайский-II», 3 – «Новиково», 4 – «Южное», 5 – «Невзрачный-I», 6 – «Стародубское» [3], 7 – «Рорэ» [4], 8 «Сусуя-Ключи», 9 – «Сусуя-Дальнее», 10 – «Сусуя-Владимировка» [5], 11 – «Пензенский-I», 12 – «Пензенский-II», 13 – «Пензенский-III» [6], 14 – «Мануй», 15 – «Мерея-I», 16 – «Мерея-II» [7], 17 – «Перепутье»

Радиоуглеродные датировки отложений, накапливавшихся
на юге Сахалина в атлантическом периоде голоцена

№ п/п	Разрез, координаты	Лабораторный №	Глубина отбора, см	Материал	Возраст образца	
					радиоуглеродный (л.н.)	календарный, (к.л.н.)*
1	2	3	4	5	6	7
1	«Меря-2» 46°37'38.0"с.ш., 142°53'51.9"в.д. (Микишин, 2020)	СОАН-4704	240–250	раковины <i>Crassostrea gigas</i>	4645 ± 70	4845
2	«Перепутье» 46°17'28.1"с.ш., 141°33'50.5"в.д.	ЛУ-8628	145–153	торф	4600 ± 80	5278 ± 160
3	«Пензенский-І» 47°54'27.0"с.ш., 142°09'18.1"в.д. (Микишин, Гвоздева, Орлова, 2009)	ГИН-7910	228–231	торф	4730 ± 40	5461 ± 100
4	«Невзрачный-І» 46°25'11.3"с.ш., 143°33'46.9"в.д. (Микишин, Гвоздева, 1996)	ДВГУ-128	110–120	древесина	4750 ± 100	5467 ± 111
5	«Пензенский-ІІ» 47°54'27.0"с.ш., 142°09'18.1"в.д. (Микишин, Гвоздева, Орлова, 2009)	СОАН-5746	230–235	торф	4810 ± 80	5517 ± 99
6	«Меря-1» 46°38'31.9"с.ш., 142°54'16.7"в.д. (Микишин, 2020)	СОАН-4376	210–220	раковины <i>Crassostrea gigas</i>	5160 ± 110	5555
7	«Вавайский-І» 46°34'48.5"с.ш., 143°16'09.5"в.д. (Микишин, Гвоздева, 1996)	ДВГУ-134	350	торф	4858 ± 239	5572 ± 286
8	«Пензенский-І» (Микишин, Гвоздева, Орлова, 2009)	УПИ-б/н	250–253	торф	4913 ± 48	5659 ± 45
9	«Пензенский-ІІІ» 47°54'15.4"с.ш., 142°09'10.5"в.д. (Гвоздева, Микишин, 2008)	СОАН-5397	182–187	торф	4965 ± 45	5699 ± 51
10	«Новиково» 46°21'41.3"с.ш., 143°21'19.7"в.д. (Микишин, Гвоздева, 1996)	УПИ-812	235–240	древесина	5109 ± 41	5842 ± 65
11	«Пензенский-ІІ»	СОАН-5747	250–255	торф	5290 ± 80	6082 ± 99
12	(Микишин, Гвоздева, Орлова, 2009)	СОАН-5748	270–275	торф	5325 ± 90	6112 ± 106
13	«Суся-Дальнее» 46°58'19.4"с.ш., 142°42'58.5"в.д. (Микишин, Гвоздева, 2018)	СОАН-6158	700–730	древесина	5375 ± 80	6150 ± 106
14	«Суся-Владимировка» 46°57'07.8"с.ш., 142°41'38.2"в.д. (Микишин, Гвоздева, 2018)	СОАН-6161	210	древесина	5395 ± 85	6161 ± 109

Окончание таблицы						
1	2	3	4	5	6	7
15	«Стародубское» 47°23'06.2"с.ш., 142°52'14.2"в.д. (Микишин, Гвоздева, 1996)	ДВГУ-156	280–300	древесина	5400 ± 340	6186 ± 379
16	«Вавайский-II» 46°34'47.3"с.ш., 143°16'11.2"в.д. (Микишин, Гвоздева, 1996)	ДВГУ-207	230–232	торф	5400 ± 440	6190 ± 490
17	«Суся-Владимировка»	СОАН-6160	250	древесина	5455 ± 50	6256 ± 40
18	«Пензенский-I»	ГИН-7909	297–300	торф	5550 ± 40	6352 ± 38
19	«Пензенский-II»	СОАН-5391	300	корень травы	5625 ± 90	6431 ± 95
20	«Пензенский-III»	СОАН-5396	210–240	древесина	5630 ± 100	6441 ± 106
21	«Мануй» 47°23'06.2"с.ш., 142°52'14.2"в.д. (Микишин, 2020)	СОАН-4377	350	раковины <i>Crassostrea gigas</i>	6050 ± 70	6465
22	«ЮжноеI» 46°15'26.1"с.ш., 143°24'34.0"в.д. (Микишин, Гвоздева, 1996)	УПИ-810	134–150	торф	5942 ± 47	6778 ± 64
23	«Рорэ» 47°23'05.1"с.ш., 142°52'17.7"в.д. (Микишин, Гвоздева, 2017)	СОАН-6979	202–208	торф	5970 ± 110	6824 ± 135
24	«Суся-Владимировка»	СОАН-6159	300	древесина	6010 ± 110	6879 ± 141
25	«Вавайский-II»	ДВГУ-206	268–270	торф	6250 ± 630	7049 ± 638
26		ДВГУ-205	300–302	торф	6340 ± 580	7145 ± 589
27	«Рорэ»	СОАН-6978	240–250	торф	6390 ± 95	7312 ± 93
28	«Пензенский-III»	СОАН-5395	265–270	торф	6510 ± 90	7417 ± 83
29	«Рорэ»	СОАН-6977	290–298	торф	6670 ± 105	7550 ± 80
30	«Суся-Ключи» 47°03'40.1"с.ш., 142°41'04.1"в.д. (Микишин, Гвоздева, 2018)	СОАН-6163	137–144	торф	6980 ± 100	7817 ± 98
31	«Пензенский-III»	СОАН-6165	285–290	торф	7150 ± 160	7983 ± 164
32	«Вавайский-II»	ДВГУ-204	348–350	торф	7250 ± 623	8188 ± 656
33	«Пензенский-III»	СОАН-5394	315–320	Торф	8250 ± 75	9243 ± 121

Примечание. *Калибровка радиоуглеродных датировок выполнена в программе quickcal 2007 ver.1.5 (<http://www.calpal-online.de>) и «Marine04» (Hughen et al., 2004) – для морских образцов.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ спорово-пыльцевых спектров, размещенных в хронологическом порядке, выявил 12 короткопериодических ландшафтно-климатических изменений, происшедших в атлантическом периоде голоцена (рис. 2). Палеоклиматические особенности изменений позволяют сгруппировать их в три наиболее продолжительные палеогеографические эпохи: «Вавайскую», «Су-

суйскую» и «Мерейскую». Ранняя, «Вавайская», эпоха отличалась наиболее теплым климатом в голоцене, продолжавшимся около 2000 лет в течение ранней и средней фаз атлантического периода. Начало эпохи приурочено к атлантическому периоду, поэтому самая древняя радиоуглеродная дата около 8250 л.н. / 9240 к.л.н. (таблица), полученная для него, явно искажена, поскольку указывает на бореальный период голоцена. Ее действительный возраст, скорее всего, не превышает 8000 л.н. / 8800 к.л.н.

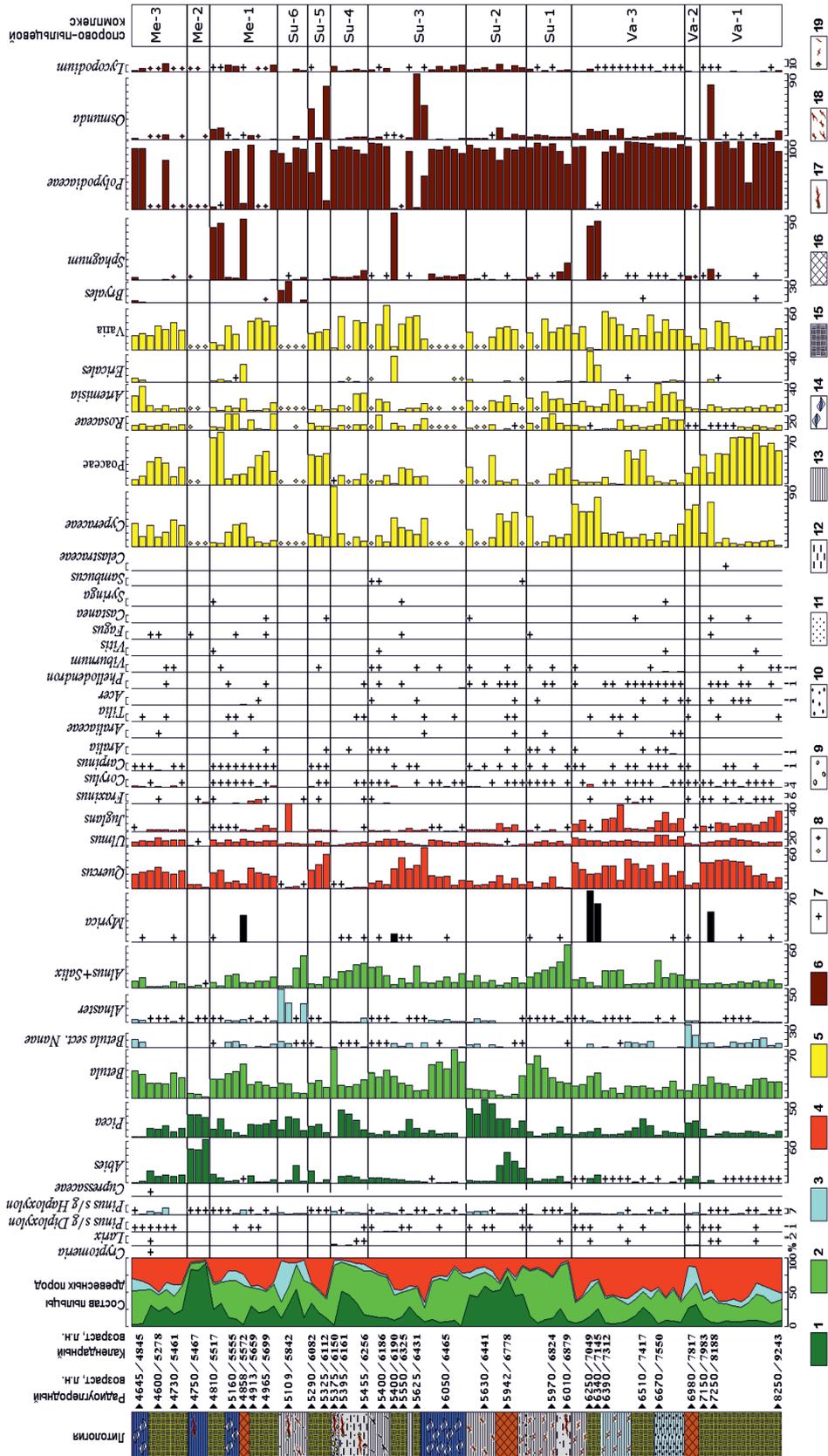


Рис. 2. Спорно-пыльцевая диаграмма датированных отложений атлантического периода голоцена южной части о. Сахалин

Пыльца: 1 – темнохвойных пород, 2 – мелколиственных пород, 3 – фригидных кустарников, 4 – широколиственных пород, 5 – трав и кустарничков, 6 – споры, 7 – содержание пыльцы и спор менее 1%, 8 – участки таксонов не подсчитано из-за малого числа микрофоссилий. Литология: 9 – галька, 10 – гравий, 11 – песок, 12 – алевролит, 13 – глина, 14 – скопление раковин устрицы тихоокеанской, 15 – торф средне- и слабообразовавшийся, 16 – торф сильно разложившийся, 17 – стволы деревьев, 18 – обломки веток деревьев, 19 – листья деревьев, стебли трав и мхов

«Вавайская» эпоха отвечает расцвету многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба и ореха (*Juglans*), в меньшей степени ильма, достигавших максимального распространения на территории южного Сахалина. В спорово-пыльцевых комплексах (СПК) «Va-1» и «Va-2» отмечается наибольшее для голоценовых отложений содержание пыльцы теплолюбивых широколиственных пород (рис. 2). В среднем оно составляет 45–52%, что в 4 раза больше, чем в субфоссильном СПК, развитом на юге острова среди пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород. При этом почти в 60% случаев ее количество превышает 50%, достигая максимальных значений в 60–63%. Среди нее преобладают дуб (до 42%), реже встречаются орех (*Juglans*, до 39%) и ильм (до 16%). Пыльца остальных 14 таксонов (*Tilia*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Phellodendron*, *Aralia*, *Araliaceae*, *Viburnum*, *Vitis*, *Acer*, *Syringa*, *Celastraceae*, *Fagus*, *Castanea*) встречается в количестве не более 1–1,5%, и чаще всего – 0,2–0,4%. Второе место – у мелколиственных деревьев (30–34%), среди которых пыльца берез встречается в 2–5 и более раз чаще, чем ольхи и ивы. Присутствие пыльцы влаголюбивых темнохвойных пород ели и пихты в среднем в 3–5 раз меньше, чем в субфоссильном комплексе. Состав комплексов отражает растительность, существовавшую в условиях значительно теплее современных и с меньшей влажностью климата, благоприятных для произрастания широколиственных лесов. «Вавайская» эпоха разделена на раннюю и позднюю стадии холодным и влажным эпизодом «Ключи», проявившимся около 7100–6800 л.н. / 7900–7700 к.л.н. Он имел климатические параметры, близкие к современным условиям, и вызвал распространение елово-пихтовых лесов с участием широколиственных пород (рис. 2, СПК «Va-2»). Этот холодный эпизод, возможно, был не первым, прерывавшим теплые климатические условия эпохи. Следов более раннего (возможно, максимального в голоцене) похолодания, известного как «климатическое событие 8.2 к.л.н.» [8, 9], не обнаружено. Причиной этому, скорее всего, послужила низкая влажность климата, препятствовавшая торфонакоплению. Не исключено, что оно не успело оставить свой след из-за кратковременности и разделения потеплением на два холодных эпизода [10]. Окончание «Вавайской» эпохи ознаменовано наступлением глобального позднеатлантического похолодания, около

6000 л.н. / 6900 к.л.н. Средняя, «Сусуйская», эпоха развивалась 1200 лет, охватив большую часть поздней фазы атлантического периода голоцена (6000–5000 л.н. / 6900–5700 к.л.н.). Характеризовалась, в целом, более холодным и влажным климатом и, по-видимому, совпадала с этапом быстрых (или резких) климатических изменений 6–5 тыс. л.н. голоцена [8]. В ее составе удалось проследить 6 ландшафтно-климатических изменений. Наиболее раннее из них, эпизод «Рорэ», продолжалось около 200 лет (6000–5900 л.н. / 6900–6700 к.л.н.). Его условия были лишь немного теплее и суше современных. В растительности распространялись смешанные леса с преобладанием берез, участием широколиственных (среднее содержание пыльцы 15%) и темнохвойных (13%) пород (рис. 2, СПК «Su-1»). Второй, тоже холодный, эпизод «Южанка» около 5900–5600 л.н. / 6700–6400 к.л.н., продолжался дольше – 300 лет. Имел климатические условия несколько теплее и влажнее предыдущих, обусловившие появление пихтово-еловых лесов (52%) с большим участием широколиственных деревьев (19%), чем в современной растительности (СПК «Su-2»). Во время менее продолжительного эпизода «Черемшанка», около 5600–5450 л.н. / 6400–6300 к.л.н., климат стал существенно теплее и суше, но прохладнее, чем во время «Вавайской» эпохи. Он привел к развитию смешанных лесов с преобладанием мелколиственных (52%) и широколиственных (31%), реже – темнохвойных пород (рис. 2, СПК «Su-3»). Вторая половина «Сусуйской» эпохи характеризовалась двумя эпизодами более холодного и влажного климата, разделенными резким потеплением. Эпизод «Владимировка», развивавшийся около 5450–5300 л.н. / 6300–6100 к.л.н., имел температурный фон, близкий к современному, и переменчивую влажность [5]. Начало эпизода и его окончание были несколько суше, что определило развитие смешанных лесов с преобладанием берез, присутствием темнохвойных и широколиственных пород. Середина события имела повышенную влажность, вызвавшую первенство пихтово-еловых лесов (рис. 2, СПК «Su-4»). Близкая картина изменения влажности климата происходила и в более продолжительном эпизоде «Новиково», около 5200–5000 л.н. / 6000–5700 к.л.н. Елово-пихтовая тайга с участием широколиственных деревьев также преобладала в его середине, но смешанные леса в начальную и конечную фазы

события играли в растительности меньшую роль (рис. 2, СПК «Su-6»). Кратковременный теплый эпизод «Пензенский-2» (5300–5200 л.н. / 6100–6000 к.л.н.), разделяющий похолодания, по термическим условиям был близок к «Вавайской» эпохе, имея при этом большую влажность. Резкое потепление привело к вспышке распространения многопорядных широколиственных лесов с преобладанием дуба, меньшей ролью ильма и ореха (СПК «Su-5»). Содержание широколиственных деревьев в спорово-пыльцевых спектрах составило 36–59%, разнообразие – 9 таксонов.

Поздняя, «Мерейская», эпоха имела наименьшую – около 500 лет – продолжительность в конце атлантического периода (5000–4600 л.н. / 5800–5300 к.л.н.). Отличалась, в целом, преобладанием более теплого и сухого, чем современный на юге Сахалина, климата. Последний был отмечен двумя эпизодами: «Пензенский-3», около 5000–4800 л.н. / 5700–5500 к.л.н., и «Пензенский-1», около 4700–4600 л.н. / 5400–5300 к.л.н. По термическому режиму они уступали «Вавайской» эпохе и были ближе к условиям эпизода «Черемшанка». В отличие от него, они имели большую влажность, которая усиливалась в начале и конце события. Растительность во время обоих эпизодов составляли смешанные леса с почти равным участием широколиственных (33–37%) и мелколиственных (36–39%) деревьев, а также с подчиненной ролью темнохвойных пород (рис. 2, СПК Ме-1, Ме-3). Теплые эпизоды разделялись холодным эпизодом «Невзрачный» (4800–4700 л.н. / 5500–5400 к.л.н.), имевшим теплообеспеченность, близкую к современной, и более высокую влажность климата. Последняя вызвала максимальное в атлантическом периоде распространение пихтово-еловых лесов (85%) с присутствием широколиственных деревьев (рис. 2, СПК Ме-2).

Заклучение

Проведенный детальный анализ ландшафтно-климатических изменений показал, что оптимальное соотношение теплообеспеченности и увлажненности климата, которое принято называть оптимумом голоцена, на юге Сахалина отмечалось в течение ранней и средней фазы атлантического периода, с 8000 л.н. / 8800 к.л.н. до 6000 л.н. / 6900 к.л.н. В течение этого довольно длительного времени (за исключением коротких холодных эпизодов общей продолжительностью около 400 лет) многопорядные

широколиственные леса преобладали в растительности юга острова. Во многих других частях Евразии оптимум голоцена чаще сопоставляется с поздней фазой атлантического периода [8, 11, 12]. На сопредельной территории материка, в Нижнем Приамурье, оптимум голоцена также приходится на этот же хронологический интервал [13]. На соседнем с Сахалином о. Хоккайдо в то же время атлантического периода (6000 л.н.) с лежащего южнее о. Хонсю происходила миграция теплолюбивого бука (*Fagus crenata*) [14]. Для Курильских островов допускаются более раннее начало оптимума (около 6600 л.н.), совпадающее со второй половиной «Вавайской» эпохи, и окончание его в позднюю фазу периода [15]. На юге Сахалина позднеатлантическое время в целом заметно уступало по теплообеспеченности ранней и средней фазам периода. Даже наиболее теплый, заключительный его отрезок продолжительностью около 500 лет был прохладнее.

Список литературы / References

1. Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. К XII конгрессу ИНКВА (Канада, 1987 г.). М.: Наука, 1987. С. 39–45.
2. Khotinsky N.A. Radiocarbon chronology and correlation of natural and anthropogenic boundaries of the Holocene // Novy'e danny'e po geoxronologii chetvertichnogo perioda. K XII kongressu INKVA (Kanada, 1987 g.). M.: Nauka, 1987. P. 39–45 (in Russian).
3. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.J., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haffidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., Plicht J. IntCal 13 and Marine 13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years calBP. Radiocarbon. Vol. 55 (4). 2013. P. 1869–1887. DOI: 10.2458/azu_js_rc.16947.
4. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Эволюция природы юго-восточной части острова Сахалин в голоцене. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1996. 130 с.
5. Mikishin Yu.A. The natural evolution in the southeastern part of Sakhalin Island in Holocene. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 1996. 130 p. (in Russian).
6. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Ландшафтно-климатические изменения на юге Сахалина в средне-позднеатлантическое время голоцена // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 207–214. DOI: 10.17513/use.36630.
7. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. Landscape-climatic changes in the south Sakhalin Island in the Middle-Late Atlantic epoch of the Holocene // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. No 12. P. 207–214. DOI: 10.17513/use.36630 (in Russian).
8. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Следы похолоданий на юге Сахалина в позднеледниковье и атлантическом периоде голоцена // Успехи современного естествознания. 2018. № 3. С. 107–116. DOI: 10.17513/use.36711.
9. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. Traces of cooling in the southern Sakhalin in the Late-Glacial and Atlantic Period of Holocene // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. No. 3. P. 107–116. DOI: 10.17513/use.36711 (in Russian).

6. Гвоздева И.Г., Микишин Ю.А. Стратиграфия и палеогеография голоцена юго-западного Сахалина // *Естеств. и техн. науки*. 2008. № 3. С. 177–183.
- Gvozdeva I.G., Mikishin Yu.A. Stratigraphy and paleogeography of Holocene in the south-west Sakhalin Island // *Estestv. i tehn. nauki*. 2008. No. 3. P. 177–183 (in Russian).
7. Микишин Ю.А. Позднеатлантическая трансгрессия Охотского моря на побережье юго-восточного Сахалина // *Береговые исследования в Тихоокеанской России: сборник научных статей / под науч. ред. П.Ф. Бровко*. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерального ун-та, 2020. С. 131–143. DOI: 10.24866/744-4825-7/131-143.
- Mikishin Yu.A. Late Atlantic transgression of the Sea of Okhotsk on the coast of southeastern Sakhalin. // *Beregovye issledovaniya v Tihookeanskoj Rossii: sbornik nauchnyh statej / pod nauch. red. P.F. Brovko*. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. federal'nogo un-ta, 2020. P. 31–143. DOI: 10.24866/744-4825-7/131-143 (in Russian).
8. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2014. № 2. С. 5–20.
- Borisova O.K. Landscape and Climate Change in Holocene // *Izv. RAN. Ser. geogr.* 2014. No. 2. P. 5–20 (in Russian).
9. Wang S., Ge Q., Wang F., Wen X., Huang J. Abrupt climate changes of Holocene. *Chinese Geographical Science*, 2013. Vol. 23. Iss. 1. P. 1–12.
10. Weninger B., Clare L., Gerritsen F., Horejs B., Kraub R., Linstädter J., Özbal R., Rohling E. J. Neolithisation of the Aegean and Southeast Europe during the 6600–6000 cal-BC period of Rapid Climate Change. *Documenta Praehistorica* 41 (XLI). 2014. P. 1–31. DOI: 10.4312/dp.41.1.
11. Бляхарчук Т.А. Последледниковая динамика растительного покрова Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области (по данным спорово-пыльцевого анализа болотных и озерных отложений): автореф. дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2010. 43 с.
- Blyakharchuk T.A. Post-glacial dynamics of the vegetation cover of the West Siberian Plain and Altai-Sayan mountainous region (according to spore-pollen analysis of bog and lacustrine deposits): avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Tomsk, 2010. 43 p. (in Russian).
12. Белянин П.С., Андерсон П.М., Ложкин А.В., Белянина Н.И., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Горнов Д.А. Изменения растительности на Юге Российского Дальнего Востока в среднем и позднем голоцене // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2019. № 2. С. 69–84. DOI: 10.31857/S2587-55662019269-84.
- Belyanin P.S., Anderson P.M., Belyanina N.I., Lozhkin A.V., Arslanov Kh.A., Maximov F.E., Gornov D.A. Vegetation Changes in the South of the Russian Far East in the Middle and Late Holocene // *Izv. RAN. Ser. geogr.* 2019. No. 2. P. 69–84. DOI: 10.31857/S2587-55662019269-84 (in Russian).
13. Bazarova V.B., Mokhova L.M., Klimin M.A., Kopteva T.A. Vegetation development and correlation of Holocene events in the Amur basin, NE Eurasia. *Quaternary International*. 2011. Vol. 237. P. 83–92. DOI: 10.1016/j.quaint.2011.01.011.
14. Igarashi Y. Holocene vegetation and climate on Hokkaido Island, northern Japan. *Quaternary International*. 2013. Vol. 290–291. P. 139–150. DOI: 10.1016/j.quaint.2012.09.030.
15. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Mokhova L.M., Arslanov K.A., Chernov S.B. Holocene Climatic Changes and Vegetation Development in the Kuril Islands. *Quaternary International*. 2013. Vol. 290–291. P. 126–138. DOI: 10.1016/j.quant.2012.06.034.