

УДК 551.8:56.074.6

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА СЕВЕРО-ЗАПАДА ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА В СООТНОШЕНИИ С ПАЛЕОДАННЫМИ ОСТРОВА ШИКОТАН

Л. Б. Назарова^{1,2}, Н. Г. Разжигаева³, Б. Дикман^{1,2}, Т. А. Гребенникова³,
Л. А. Ганзей³, Н. И. Беянина³, Х. А. Арсланов⁴, В. М. Кайстренко⁵, А. О. Горбунов⁵,
А. А. Харламов⁶, Л. В. Головатюк⁷, Л. С. Сырых^{8,9,*}, Д. А. Субетто^{9,10},
академик РАН А. П. Лисицын⁶

Поступило 23.11.2018 г.

Результаты палеолимнологического исследования среза озёрных осадков о. Шикотан (Южные Курилы) показали, что с 8,0 до 5,8 тыс. календарных л.н. (к.л.н.) на острове был тёплый и влажный период, соответствующий средневековому голоценовому оптимуму. Похолодание после этого соответствует неогляциальному периоду. Реконструированный с 0,9 до 0,58 тыс. к.л.н. тёплый период может быть соотнесён со Средневековым климатическим оптимумом с похолоданием после 0,58 тыс. к.л.н., соответствующим Малому ледниковому периоду. Морские регрессии были определены между 6,2 и 5,9; 5,5 и 5,1 и 1,07 и 0,36 тыс. к.л.н. Общая хронология основных голоценовых климатических событий на юге Курильских островов соответствует климатическим записям из региона северо-западной части Тихого океана. Выявленные пространственные различия в сроках и интенсивности климатических эпизодов позднего голоцена (МЛП, СКО) в регионе нуждаются в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: Дальний Восток, Курильские острова, палеоклимат, голоцен.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524862212-216>

Курило-Камчатская и Алеутская дуги простираются вдоль зоны интенсивной сейсмической и вулканической активности в северо-западной части Тихого океана (СЗТ) (рис. 1). Неотектонические подвижки, ведущие к изменениям уровня моря, на-

ряду с климатическими факторами играют решающую роль в эволюции региона [1]. Их идентификация остаётся одним из самых важных вопросов в истории СЗТ. Целью нашего исследования является реконструкция палеоэкологической истории южных Курил на основе изучения озёрных осадков о. Шикотан и сравнение полученных результатов с соседними районами в СЗТ. Нами проанализированы диатомовые, хирономиды и пыльца — биопроксы, которые являются наиболее надёжными индикаторами климатических условий в качественных и количественных палеореконструкциях [2, 3].

Исследуемый керн донных отложений длиной 2,94 м охватывает около 8,0 тыс. лет. Интерпретация изменений в ископаемых биологических сообществах с учётом их экологических предпочтений выявила несколько фаз развития палеоклимата, ландшафтов и озера в голоцене на Шикотане (табл. 1).

7,9–6,4 тыс. к.л.н. Растительность соответствовала тёплым смешанным лесам [4]. Диатомовая флора включала самый высокий процент морских водорослей, что указывает на существование связи с океаном из-за более высокого, чем в настоящее время, уровня моря. Этот период соответствует тёплому и сухому климатическому оптимуму голоцена

¹ University of Potsdam, Institute of Earth and Environmental Science, Potsdam-Golm, Germany

² Alfred-Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Research Unit Potsdam, Potsdam, Germany

³ Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,
Владивосток

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет

⁵ Институт морской геологии и геофизики,
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,
Южно-Сахалинск

⁶ Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской Академии наук, Москва

⁷ Институт экологии Волжского бассейна
Российской Академии наук, Тольятти

⁸ Казанский (Приволжский) федеральный университет

⁹ Российский государственный педагогический университет
им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

¹⁰ Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра Российской Академии наук,
Петрозаводск

*E-mail: lyudmilalsd@gmail.com



Рис. 1. Регион исследования.

(КОГ), который в то же время имел место на соседних островах [5], на Камчатке [6] и на Японских островах, где более тёплому и сухому, чем в настоящее время, климату способствовало тёплое Цусимское течение [7]. Во время голоценовой трансгрессии уровень моря был на 2,5–3 м выше современного уровня моря (с.у.м.) [5, 7].

6,4–5,8 тыс. к.л.н. Диатомовые сообщества свидетельствуют о существовании мелкого озера с обильной водной растительностью. После 6,1 тыс. к.л.н. появились реофильные и холодолюбивые хирономиды, что свидетельствует об увеличении потока воды в ответ на похолодание и увлажнение климата к концу КОГ. Ниже чем в предыдущий период, уровень моря соответствует концу голоценовой трансгрессии [5].

5,8–5,0 тыс. к.л.н. Похолодание, связанное с началом неогляциального периода, задокументированного по всей территории СЗТ и различных регионах Евразии и Северной Америки [8–13], привело к таксономическим изменениям в растительности и в сообществах хирономид. Состав диатомовых образований показывает, что связь с морем была

прервана. Это соответствует самой значительной регрессии среднего–позднего голоцена, или Дзёмона, когда уровень моря был на 4–5 м ниже с.у.м. [5, 7]. Оползни в этом интервале могли быть вызваны обильными осадками и землетрясениями, идентифицированными в других участках региона [1].

5,0–3,5 тыс. к.л.н. Смешанная растительность указывала на умеренные климатические условия. Состав диатомовых свидетельствал об увеличении связи с морем, что привело к исчезновению хирономид после 5,14 тыс. к.л.н. Это соответствует началу низкоамплитудной трансгрессии в начале позднего голоцена [5, 7, 8]. Отложения этой трансгрессии хорошо представлены на островах Итуруп и Кунашир [4, 5], но не обнаружены на других островах Малых Курил, по-видимому, в силу тектонических причин. Более высокий уровень моря может быть соотнесён с трансгрессией позднего Дзёмона [7] и повышением уровня моря примерно на 1,2–2,5 м выше с.у.м. Присутствие цунамигенных песков может соответствовать сильным цунами, датированным около 4,43 и 3,89 тыс. к.л.н. на других участках региона [1].

Таблица 1. Результаты биологического анализа кернa с о. Шикотан и палеоклиматические стадии голоцена о. Беринга [8], Камчатки [6, 13–15], Средних Курил [1, 3, 4], о. Кунашир, Южных Курил [5] и Японии [7]. Все даты даны в тыс. к.л.н.; ТР — трансгрессия, РЕ — регрессия

Возраст	Южные Курилы (Шикотан)					ТР–РЕ	о. Беринга	Камчатка	Средние Курилы	Кунашир	Японские стадии
	Пыльца	Диагаметы	Хирономиды	Климат	Цунами						
0,43 до наших дней	Современные хвойные леса, ель и пихта доминируют	Бентосные	Полуназемные, холодноводные фитофильные. Хирономид нет после 0,36	Прохладно, сухо	0,106; 0,34	0,65–0,05: Эпо РЕ	РЕ после 0,65	Прохладно влажно, СКО не выражены	После 1,7 прохладно влажно: МЛП, СКО не выражены	После 1,6–1,2 похолодание: МЛП, СКО не выражены	0,65–0,05 МЛП
1,07–0,43	2,0–0,43: Хвойные леса, <i>Lusichiton</i>	Бентосные виды доминируют. Планкто-бентосные виды, лотические, болотные и тепловодные прибывают	До 0,89: нейтральные лентические. После 0,89: лотические прибывают. После 0,77 только лотические	Тепло и влажно с 0,9 до 0,58 (СКО)	0,95	1,14–0,65: Хайан ТР	После 1,7 прохладно, ТР, уровень моря 2–5 м выше совр.м.	Прохладно влажнее после 1,5	После 1,7 прохладно влажно: МЛП, СКО не выражены	СКО не выражены	1,14–0,65 тепло, Нара-Хайан-Камакура
2,0–1,07		Пресноводные, бентосные, субаэральные или наземные	Хирономид нет	Прохладно	2,0	Небольшие множественные ТР между 5,14–1,14		Влажное после 1,5	Прохладно	Прохладно	1,9–1,14: холодно, Кофун. ТР
3,5–2,0	5,0–2,0: <i>Picea</i> , <i>Alnus</i> доминируют. Дуб убывает	Бентосные пресноводные		Влажно	3,4; 3,0		Прохладно. ТР 3,5, 2,9, 1,75	Варианционно	3,05–1,9 теплее, влажно	После 3,8 прохладно	2,5–1,9: тепло Яёй
5,8–3,5	Ель прибывает. Широколиственные убывают	Таксоны, толерантные к временному высыханию	5,5–5,1: холодноводные лотические, мелководные	Прохладно, влажно. Неотляциал	4,8; 4,7; 4,3; 4,1; 3,99; 3,63. Оползти между 5,8 и 5,6	Средне-Дзёмон РЕ. Уровень моря 4–5 м ниже у.м.	5,3–3,5: похолодание. РЕ	5,2–3,4: Неотляциал. Влажно	5,3–4,7: Похолодание. Влажно	4,5–3,8 теплее. Похолодание	4,7–3,5 теплый поздний Дзёмон
6,4–5,8	Смешанные леса	Морские и солонатоводные убывают	Мезо-эвтрофные нейтральные	Прохладнее, влажно		6,4–5,9: конец средней голоценовой ТР	Тепло, КОГ, ТР	КОГ до 5,2 влажно	Теплый, сухой. КОГ до 5,3	НСО до 5,7	Сухой теплый ранний Дзёмон до 5,1
7,9–6,4		Морские до 5–8%	Хирономид нет	Тепло, сухо	7,4; 7,0; 6,46	ТР, 2,5–3 м выше совр.м.					

3,5–2,0 тыс. к.л.н. В середине позднего голоцена при прохладном климате остров покрывали елово-пихтовые леса [4]. Увеличение ацидофильных диатомовых (15–30%) указывает на приток в озеро естественно сформированных хвойных кислот [10] и/или осаждение пеплов (2,5 тыс. к.л.н., вулкан Тарумаэ, Хоккайдо), которые могли изменить химию озера [6]. Два прослая песка соответствуют двум небольшим цунами, которые произошли до извержения.

2,0–1,07 тыс. к.л.н. Прохладные условия были благоприятными для распространения тёмно-хвойной тайги с преобладанием ели. Диатомовый комплекс характерен для пересыхающего озера. Фрагменты *Coscinodiscu sp.* в слое песка 2,0 тыс. к.л.н. указывают на цунами. Прохладные условия между 1,6 и 1,23 тыс. к.л.н. совпадал с небольшой регрессией, следы которой обнаружены также на о. Кунашир, на Центральных Курилах [5] и хорошо коррелируют с началом холодной стадии Кофун в Японии [7].

1,07–0,4 тыс. к.л.н. Связь с океаном отсутствовала. Постепенное увеличение обилия теплолюбивых и реофильных хирономид с 0,89 тыс. к.л.н. указывало на рост притока воды в озеро, потепление климата и переход к Средневековому климатическому оптимуму (СКО), который может быть соотнесён с тёплой стадией Нара–Хейан–Камакура. Он был слабо выражен на острове Кунашир, на о. Беринга, на Камчатке и на Центрально-Курильских островах кроме о. Семушир [4, 5, 8–10].

После 0,4 тыс. к.л.н. Диатомовый комплекс характерен для довольно сухих и холодных условий. После 0,36 тыс. к.л.н. хирономиды исчезли из озера из-за его пересыхания. Фрагменты океанических диатомовых в слоях возрастом 0,34 и 0,106 тыс. к.л.н. указывают на цунами. Отложения этого интервала были сформированы в течение Малого ледникового периода (МЛП), который отчётливо выражен на Курилах [1, 4, 5, 14], на Японских островах [7] и на Камчатке [9–11, 15].

Исследование хорошо датированных осадков прибрежного палеозера и сопоставление наших данных с предыдущими исследованиями показали, что общая хронология основных голоценовых климатических событий на юге Курильских островов соответствует климатическим записям из региона СЗТ. Выявленные пространственные различия в сроках и интенсивности климатических эпизодов позднего голоцена (МЛП, СКО) в регионе нуждаются в дальнейших исследованиях.

Благодарности. Мы благодарим всех российских коллег, принимающих участие в полевых работах.

Источники финансирования. Исследование было поддержано проектом Немецкого исследовательского общества (Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG) NA 760/5–1 и DI 655/9–1, Программой “Дальний Восток”, проект VANT 18–010, и грантом ДААД рег. № 91696266. Хирономидные исследования были поддержаны грантом Российского научного фонда (16–17–10118).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Razzhigaeva N.G., Matsumoto A., Nakagawa M. Age, Source, and Distribution of Holocene Tephra in the Southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene Eruptive Activities in the Southern Kurile Arc // Quatern. Int. 2016. V. 397. P. 63–78. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.070>
2. Palagushkina O.V., Nazarova L.B., Wetterich S., Shirmmaister L. Diatoms from sediments of water bodies of Siberian Arctic // Contemp. Problems Ecol. 2012. V. 5. P. 413–422.
3. Subetto D.A., Nazarova L.B., Pestryakova L.A., Syrykh L.S., Andronikov A.V., Biskaborn B., Diekmann B., Kuznetsov D.D., Sapelko T.V., Grekov I.M. Paleolimnological Studies in Russian Northern Eurasia: A Review // Contemp. Problems Ecol. 2017. V. 10. № 4. P. 327–335. ISSN1995–4255. DOI: 10.1134/S1995425517040102
4. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Mokhova L.M., Arslanov Kh.A., Chernov S.B. Holocene Climatic Changes and Vegetation Development in the Kuril Islands // Quatern. Int. 2013. V. 290/291. P. 126–138.
5. Korotky A.M., Razzhigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Sulerzhitsky L.D., Lutaenko K.A. Middle and Late-Holocene Environments and Vegetation History of Kunashir Island, Kurile Islands, Northwestern Pacific // Holocene. 2000. V. 10. P. 311–331.
6. Solovieva N., Klimaschewsk A., Self A.E., Jones V.J., Andrén E., Andreev A.A., Hammarlund D., Lepskaya E.V., Nazarova L. Holocene Environmental History of a Small Coastal Lake from North-Eastern Kamchatka Peninsula // Global and Planet. Change. 2015. V. 134. P. 55–66.
7. Sakaguchi Y. Warm and Cold Stages in the Past 7600 Years in Japan and Their Global Correlation // Bull. Depart. Geogr. Univ Tokyo. 1983. V. 15. P. 1–31.
8. Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Ганзей Л.А., Чуян Г.Н. Плейстоценовое осадконакопление в береговой зоне острова Беринга (Ко-

- мандорские острова) // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16. В. 3. С. 51–62.
9. *Nazarova L., Hoog V. de, Hoff U., Diekmann B.* Late Holocene Climate and Environmental Changes in Kamchatka Inferred from Subfossil Chironomid Record // *Quatern. Sci. Rev.* 2013. V. 67. P. 81–92.
 10. *Nazarova L., Bleibtreu A., Hoff U., Dirksen V., Diekmann B.* Changes in Temperature and Water Depth of a Small Mountain Lake During the Past 3000 Years in Central Kamchatka Reflected by Chironomid Record in Lake Sediments // *Quatern. Int.* 2016. V. 447. P. 46–58.
 11. *Meyer H., Chaplign B., Hoff U., Nazarova L., Diekmann B.* Oxygen Isotope Composition of Diatoms as Late Holocene Climate Proxy at Two-Yurts-Lake, Central Kamchatka, Russia // *Global and Planet. Change.* 2015. V. 134. P. 118–128.
 12. *Назарова Л.Б., Субетто Д.А., Сырых Л.С., Греков И.М., Леонтьев П.А.* // *ДАН.* 2018. Т. 480. № 5. С. 568–572.
 13. *Syrykh L.S., Nazarova L.B., Herzschuh U., Subetto D.A., Grekov I.M.* Reconstruction of Palaeoecological and Palaeoclimatic Conditions of the Holocene in the South of the Taimyr according to an Analysis of Lake Sediments // *Contemp. Problems Ecol.* 2017. V. 10. № 4. P. 363–369. DOI: 10.1134/S1995425517040114
 14. *Nazarova L., Grebennikova T.A., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Belyanina N.I., Arslanov K.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Kharlamov A.A., Rudaya N., Palagushkina O., Biskaborn B.K., Diekmann B.* Reconstruction of Holocene Environmental Changes in Southern Kurils (North-Western Pacific) Based on Palaeolake Sediment Proxies from Shikotan Island // *Global and Planet. Change.* 2017. V. 159. P. 25–36.
 15. *Hoff U., Biskaborn B., Dirksen V., Dirksen O., Kuhn G., Meyer H., Nazarova L., Roth A., Diekmann B.* Holocene Environment of Central Kamchatka, Russia: Implications from a Multi-Proxy Record of Two-Yurts Lake // *Global and Planet. Change.* 2015. V. 134. P. 101–117.

RECONSTRUCTION HOLOCENE ENVIRONMENTAL CHANGES IN NORTH-WESTERN PACIFIC IN RELATION TO PALEORECORD FROM SHIKOTAN ISLAND

**L. B. Nazarova^{1,2}, N. G. Razjigaeva³, B. Diekmann^{1,2}, T. A. Grebennikova³, L. A. Ganzey³,
N. I. Belyanina³, K. A. Arslanov⁴, V. M. Kaistrenko⁵, A. O. Gorbunov⁵, A. A. Kharlamov⁶,
L. V. Golovatyuk⁷, L. S. Syrykh^{8,9,10}, D. A. Subetto^{9,10}, Academician of the RAS A. P. Lisitsyn⁶**

¹*Potsdam University, The Institute of Earth and Environmental Science, Potsdam, Germany.*

²*Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Research Unit Potsdam, Potsdam, Germany*

³*Pacific Geographical Institute Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation*

⁴*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation*

⁵*Institute of Marine Geology and Geophysics Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation*

⁶*Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

⁷*Institute of Ecology of Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Tolyatti, Russian Federation*

⁸*Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation*

⁹*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russian Federation*

¹⁰*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russian Federation*

Received November 23, 2018

Results of a paleolimnological investigation of a well-dated lake sediment section from Shikotan Island (Southern Kurils) showed that from ca 8.0 to 5.8 cal ka BP warm and humid period corresponding to middle Holocene optimum took place. Cooling thereafter corresponds to Neoglacial. A reconstructed from ca 0.9 to ca 0.58 cal ka BP warm period can be correlated to a Medieval Warm Period. Cooling after 0.58 cal ka BP can be correlated with the LIA. Marine regression stages were identified at ca 6.2–5.9, 5.5–5.1 and 1.07–0.36 cal ka BP. The general chronology of major climatic events of Holocene in the island is in accordance with the climate records from the North Pacific region. Revealed spatial differences in timing and magnitude of the Late Holocene climatic episodes (LIA, MWP) within region needs further investigations.

Keywords: Far East, Kurile islands, paleoclimate, Holocene.