

Реконструкция палеотайфунов и повторяемости экстремальных паводков на юге острова Сахалин в среднем–позднем голоцене

*Н. Г. Разжигаева**¹ ¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
*Т. А. Гребенникова*¹ ²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия
*Л. А. Ганзей*¹ ³Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева
ДВО РАН, Владивосток, Россия
*А. О. Горбунов*² ⁴Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,
Россия
*В. И. Пономарев*³ ⁵Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия
*М. А. Климин*⁴ *E-mail: nadyar@tigdvo.ru
*Х. А. Арсланов*⁵
*Ф. Е. Максимов*⁵
*А. Ю. Петров*⁵

Резюме [Abstract PDF](#)

Впервые для о. Сахалин восстановлена геологическая летопись экстремальных паводков, связанных с прохождением наиболее сильных тайфунов за последние 6620 кал. лет. В качестве природного архива для реконструкций выбран разрез голоценовых отложений около г. Долинск (водораздел в северной части Сусунайской низменности), включающий торфяник с многочисленными слоями суглинков, образованными при затоплении болотного массива во время крупных наводнений. Приведены результаты изучения эколого-таксономического состава диатомовой флоры с целью восстановления эволюции обстановок осадконакопления, анализа динамики увлажненности и водности водотоков. Торфяник образовался на месте лагуны, существовавшей в максимальную фазу трансгрессии в среднем голоцене. Органогенное осадконакопление началось 6010 кал. л.н. в распресненной лагуне. При снижении уровня моря ~5710–5040 кал. л.н. лагуна превратилась в береговое озеро. Выявлены биоиндикаторы для выявления следов палеонаводнений. Одним из критериев выделения периодов частых паводков является анализ величины зольности торфа. Определен возраст 25 экстремальных наводнений и проанализирован палеоклиматический фон событий. В качестве современного аналога палеособытий рассматривается катастрофическое наводнение, вызванное тайфуном Филлис (1981). Установлено, что повторяемость экстремально сильных тайфунов возрастала как в теплые влажные и сухие, так и в холодные сухие фазы палеоклиматических колебаний. Выделены три периода их активизации (4640–4360; 4030–3580; 1860–1380 кал. л.н.), когда супертайфуны выходили на остров 1 раз в 30–90 лет. Выполнено сравнение проявления экстремальных тайфунов на юге Сахалина и в регионе Японского моря. Предполагается, что на палеомасштабе значительно изменялись траектории экстремальных супертайфунов, как и в современный период инструментальных гидрометеорологических измерений.

Ключевые слова

палеотайфуны, экстремальные паводки, геологические критерии, диатомовые водоросли, хронология, повторяемость, средний–поздний голоцен, остров Сахалин

Для цитирования: Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Горбунов А.О., Пономарев В.И., Климин М.А., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Реконструкция палеотайфунов и повторяемости экстремальных паводков на юге острова Сахалин в среднем–позднем голоцене. *Геосистемы переходных зон*. 2020. Т. 4, № 1. С. 46–70. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.046-070>

For citation: Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Gorbunov A.O., Ponomarev V.I., Klimin M.A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu. Reconstruction of paleotayphoons and recurrence of extreme floods in south Sakhalin Island in Middle–Late Holocene. *Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 1, p. 46–70. (In Russian). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.046-070>

Список литературы

1. Астахов А.С., Дарьин А.В., Калугин И.А., Аксентов К.И. **2019**. Реконструкция частоты катастрофических наводнений на западном побережье Японского моря по шельфовым седиментационным записям. *Метеорология и гидрология*, (1): 91–102. <https://doi.org/10.3103/s1068373919010072>
2. Базарова В.Б., Климин М.А., Копотева Т.А. **2018**. Голоценовая динамика восточноазиатского муссона в Нижнем Приамурье (юг Дальнего Востока). *География и природные ресурсы*, (3): 124–133. doi:[10.21782/GIPR0206-1619-2018-3\(124-133\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(124-133))
3. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. **2006**. *Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель-Авив: Pilies Studio, 498 с.
4. Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цурикова Т.В. **2014**. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России. *Доклады АН*, 458(1): 92–96. <http://dx.doi.org/10.7868/S0869565214250148>
5. Гарцман Б.И., Мезенцева Л.И., Меновщикова Т.С., Попова Н.Ю., Соколов О.В. **2014**. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 г. *Метеорология и гидрология*, (4): 77–92. <https://doi.org/10.3103/s1068373914040074>
6. Гвоздева И.Г., Микишин Ю.А. **2008**. Стратиграфия и палеогеография голоцена юго-западного Сахалина. *Естественные и технические науки*, 3: 177–183.
7. Генсиоровский Ю.В. **2011**. *Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин)*: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Иркутск: ИЗК СО РАН, 23 с.
8. Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. **2015**. Условия формирования экстремальных паводков в бассейнах рек низкогорья (на примере о. Сахалин). В кн.: *Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска*: материалы всерос. конф. с междунар. участием. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, т. 2: 302–305.
9. Гребенникова Т.А. **2009**. Флора *Vacillariophyta* разнотипных водоемов средних и северных Курил. *Ботанический журнал*, 94(4): 526–537.
10. Давыдова И.Н. **1985**. *Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене*. Л.: Наука, 244 с.
11. *Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные*. Т. 1. **1974**. В.С. Шешукова-Порецкая (отв. ред.). Л.: Наука, 400 с.
12. *Диатомовый анализ*. Кн. 3. **1950**. Л.: Госгеолитиздат, 632 с.
13. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. **2007**. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*, (4): 342–347.
14. Кондакова Л.В., Пирогова О.С. **2014**. Почвенные водоросли и цианобактерии государственного природного заповедника «Нургуш». *Теоретическая и прикладная экология*, (3): 94–101.
15. Короткий А.М., Пушкарь В.С., Гребенникова Т.А., Разжигаяева Н.Г., Караулова Л.П., Мохова Л.М., Ganzey L.A., Черепанова М.В., Базарова В.Б., Волков В.Г., Ковалюх Н.Н. **1997**. *Морские террасы и четвертичная история шельфа Сахалина*. Владивосток: Дальнаука, 194 с.
16. Лобанов В.Б., Данченков М.А., Лучин Е.В., Мезенцева Л.И., Пономарев В.И., Соколов О.В., Трусенкова О.О., Устинова Е.И., Ушакова Р.Н., Хен Г.В. **2014**. Дальневосточные моря России. В кн.: *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. М.: Росгидромет, раздел 5.4: 684–743.
17. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **1996**. *Развитие природы юго-восточной части острова Сахалин в голоцене*. Владивосток: ДВГУ, 130 с.
18. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2016**. Поздний субатлантик южного Сахалина. *Успехи современного естествознания*, (9): 137–142.
19. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2017**. Ранний суббореал Сахалина. *Вестник СВКНИИ ДВО РАН*, (4): 25–38.
20. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2018**. Следы похолодания на юге Сахалина в позднеледниковье и атлантическом периоде голоцена. *Успехи современного естествознания*, (3): 107–116.
21. Могильникова Т.А., Мотылькова И.В. **2003**. Летний фитопланктон лагуны Пильтун (северо-восточный Сахалин). *Чтения памяти В.Я. Леванидова*. Владивосток: Дальнаука, вып. 2: 295–304.

22. Научно-прикладной справочник по климату. Серия 3. Многолетние данные. Вып. 34. Сахалинская область. **1990**. Л.: Гидрометеоздат, 351 с.
23. Никулина Т.Н. **2005**. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) юга острова Сахалин. В кн.: *Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международ. Сахалинского проекта)*. Владивосток: Дальнаука, ч. 2: 8–21.
24. Полякова Е.И. **1979**. Диатомовые водоросли в современных осадках побережья Чукотского моря и их палеогеографическое значение. *Известия АН СССР. Сер. географическая*, (4): 90–94.
25. Похил А.Э. **2011**. Тайфуны Тихого океана – «живые» самоорганизующиеся, развивающиеся и взаимодействующие системы. *Энергия: экономика, техника, экология*, (11): 57–65.
26. Прушковская И.А. **2019**. Влияние тайфунов на содержание диатомей в осадках Амурского залива (Японское море) за последние 150 лет. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 2: 111–119. doi.org/10.31431/1816-5524-2019-2-42-111-119
27. Пушкарь В.С., Черепанова М.В. **2001**. *Диатомеи плиоцена и антропогена Северной Пацифики (стратиграфия и палеоэкология)*. Владивосток: Дальнаука, 217 с.
28. Разжигаета Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Копотева Т.А., Климин М.А., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. **2019**. Летопись речных паводков в предгорьях Сихотэ-Алиня за последние 2.2 тысячи лет. *Известия РАН. Сер. географическая*, (2): 85–99. doi.org/10.31857/S2587-55662019285-99
29. Ситников И.Г., Похил А.Э., Туноголовец В.П. **2001**. Тайфуны. В кн.: *Природные опасности России. Гидрометеорологические опасности*. Г.С. Голицын, А.А. Васильева (ред.). М.: КРУК, т. 5: 84–126.
30. *Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности: ГОСТ 11306-83*. **1995**. М.: Изд-во стандартов, 7 с.
31. Туноголовец В.П. **1998**. *Тропические циклоны северо-западной части Тихого океана: структура, эволюция, прогноз интенсивности и перемещения статистическими методами*: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Владивосток, 50 с.
32. Туноголовец В.П. **2009**. Интенсивность циклогенеза во второй половине XX столетия. *Труды ДВНИГМИ*, 151: 140–153.
33. Туноголовец В.П. **2010**. Комплексный метод прогноза перемещения и интенсивности тайфунов. *Труды ДВНИГМИ*, (1): 189–202.
34. Харитонов В.Г. **2010**. *Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья*. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 189 с.
35. Черепанова М.В. **1988**. Диатомовые водоросли как индикаторы условий осадконакопления в лагунах Дальнего Востока. В кн.: *Количественные параметры природной среды в плейстоцене*. Владивосток: ДВО АН СССР, 172–177.
36. Шешукова-Порецкая В.С. **1967**. *Неогеновые морские водоросли Сахалина и Камчатки*. Л.: Изд-во ЛГУ, 432 с.
37. Akiba F., Hiramatsu Ch., Tsoy I.B., Ogasawara K., Amano K. **2000**. Diatom biostratigraphy and geologic age of the Maruyama and Kurasi Formations, Southern Sakhalin, and their correlation to the Neogene of the Tenpoku Area, Hokkaido. *J. of Geography (Chigaku Zasshi)*, 109(2): 203–217. https://doi.org/10.5026/jgeography.109.2_203
38. Blaauw M., Christen J.A. **2011**. Flexible paleoclimate age-depth models using an 601 autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6(3): 457–474. doi.org/10.1214/11-ba618
39. Bond G., Kromer B., Beer J., Muscheler R., Evans M.N., Showers W., Hoffmann S., Lotti-Bond R., Hajdas I., Bonani G. **2001**. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294: 2130–2136. doi.org/10.1126/science.1065680
40. Bronk Ramsey C. **2017**. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(2): 1809–1833. doi.org/10.1017/rdc.2017.108
41. Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. **2015**. Mid- to Late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China. *The Holocene*, 25: 454–468. doi.org/10.1177/0959683614561888
42. Elsner J.B., Liu K.B. **2003**. Examining the ENSO-typhoon hypothesis. *Climate Research*, 25: 43–54. doi.org/10.3354/cr025043
43. Grebennikova T.A. **2011**. Diatom flora of lakes, ponds and streams of Kuril Islands. In: *Diatoms: Ecology and Life Cycle*. New York: Nova Publ., 93–124.
44. Henderson-Sellers A., Zhang H., Berz G., Emanuel K., Gray W., Landsea C., Holland G., Lighthill J., Shieh S.L., Webster P., McGuffie K. **1998**. Tropical cyclones and global climate change: a post-IPCC assessment. *Bull. of the American Meteorological Society*, 79: 19–38. [doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<0019:tcagcc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0019:tcagcc>2.0.co;2)
45. Katsuki K., Yang D.Y., Seto K., Yasuhara M., Takata H., Otsuka M., Nakanishi T., Yoon Y., Um I.K., Cheung R.C.W., Khim B.K., Kashima K. **2016**. Factors controlling typhoons and storm rain on the Korean Peninsula during the Little Ice Age. *J. Paleolimnology*, 55: 35–48. doi.org/10.1007/s10933-015-9861-3

46. Kawahata H., Ohshima H., Shimada C., Oba T. **2003**. Terrestrial-oceanic environmental change in the southern Okhotsk Sea during the Holocene. *Quaternary International*, 108: 67–76. [doi.org/10.1016/s1040-6182\(02\)00195-7](https://doi.org/10.1016/s1040-6182(02)00195-7)
47. Krammer K. **1992**. *Pinnularia*, eine Monographie der europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica*, 26, 35 p.
48. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986**. *Bacillariophyceae*. 1. Teil: *Naviculaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa; 2).
49. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991**. *Bacillariophyceae*. 3. Teil: *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 576 p. (In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa; 2).
50. Leipe C., Nakagawa T., Gotanda K., Müller S., Tarasov P. **2015**. Late Quaternary vegetation and climate dynamics at the northern limit of the East Asian summer monsoon and its regional and global-scale controls. *Quaternary Science Reviews*, 116: 57–17. doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.03.012
51. Li C., Wu Ya., Hou X. **2011**. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quaternary International*, 229: 67–73. doi.org/10.1016/j.quaint.2009.12.015
52. Lim J., Lee J.-Y., Hong S.S., Kim J.-Y., Yi S., Nahm W.-H. **2017**. Holocene change in flooding frequency in South Korea and their linkage to centennial-to-millennial-scale El Niño-Southern Oscillation activity. *Quaternary Research*, 87: 37–48. doi.org/10.1017/qua.2016.8
53. Liu K.B., Fearn M.L. **2000**. Reconstruction of prehistoric landfall frequencies of catastrophic hurricanes in Northwestern Florida from lake sediment records. *Quaternary Research*, 54: 238–245. doi.org/10.1006/qres.2000.2166
54. Liu K.B., Shen C., Louie K.S. **2001**. A 1,000 year history of typhoon landfalls in Guangdong, Southern China, reconstructed from Chinese historical documentary records. *Annals of the Association of American Geographers*, 91(3): 453–464. doi.org/10.1111/0004-5608.00253
55. Liu Y., Wang Q., Fu C. **2011**. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus *Eunotia* from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China. *Nova Hedwigia*, 92(1–2): 205–232. doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0092-0205
56. Moy C.M., Seitzer G.O., Rodbell D.T., Anderson D.M. **2002**. Variability of El Niño/Southern oscillation activity at millennium timescales during the Holocene epoch. *Nature*, 420: 162–165. doi.org/10.1038/nature01194
57. Rein B., Sirocko F., Lückge A., Reinhardt L., Wolf A., Dullo W.-Ch. **2005**. El Niño variability off Peru during the last 20,000 years. *Paleoceanography*, 20: PA4003, 17 p. doi.org/10.1029/2004PA001099
58. Sakaguchi Y. **1983**. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation. *Bull. of the Department of Geography, Univ. of Tokyo*, 15: 1–31.
59. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F., Tarasov P.E., Liu J. **2015**. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quaternary Science Reviews*, 124: 275–289. doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.005
60. Tsoy I., Prushkovskaya I., Aksentov K., Astakhov A. **2015**. Environmental changes in the Amur Bay (Japan/East Sea) in the past 150 years on the basis of diatoms and silicoflagellates. *Ocean Science J.*, 50(2): 433–444. doi.org/10.1007/s12601-015-0039-8
61. Wang L., Lu H., Liu J., Gu Z., Mingram J., Chu G., Li J., Rioual P., Negendank J.F.W., Han J., Liu T. **2008**. Diatom-based inference of variation in the strength of Asian winter monsoon winds between 17,500 and 6000 calendar B.P. *J. Geophysical Research*, 113: D21101, 9 p. doi.org/10.1029/2008JD010145
62. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. **2011**. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Reviews*, 30: 3109–3123. doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.013
63. Woodruff J.D., Donnelly J.P., Okusu A. **2009**. Exploring typhoon variability over the mid-to-late Holocene: evidence of extreme coastal flooding from Kamikoshiki, Japan. *Quaternary Science Reviews*, 29: 1774–1785. doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.02.005
64. Zhan R., Wang Y., Zhao J. **2017**. Intensified Mega-ENSO has increased the proportion of intense tropical cyclones over the Western North-West Pacific since the late 1970s. *Geophysical Research Letters*, 44: 11959–11966. doi.org/10.1002/2017GL075916
65. Zhou X., Liu Z., Yan Q., Zhang X., Yi L., Yang W., Xian R., He Y., Hu B., Liu Yi, Shen Y. **2019**. Enhanced tropical cyclones intensity in the Western North Pacific during warm period over the Last Two Millennia. *Geophysical Research Letters*, 46: 11959–11966. doi.org/10.1029/2019GL083504