

## ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОЗДНЕГО ГОЛОЦЕНА НА ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ АМУРСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА)

Прушковская И. А., Цой И. Б.,

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН (ТОИ ДВО РАН)*

**Аннотация.** В результате изучения диатомей в осадках Амурского залива были выявлены значительные изменения в концентрации диатомей за последние 5000 лет. Резкие кратковременные падения концентрации диатомей связываются с влиянием экстремальных природных явлений, таких как тайфуны, циклоны, цунами и др. и могут быть использованы при интерпретации палеоусловий.

**Ключевые слова:** экстремальные природные явления, поздний голоцен, Амурский залив, концентрация диатомей

## THE IMPACT OF CATASTROPHIC NATURAL PHENOMENA OF THE LATE HOLOCENE ON THE SEDIMENTATION OF THE AMURSKY BAY OF THE SEA OF JAPAN (ACCORDING TO DIATOM ANALYSIS)

Prushkovskaya I. A., Tsoy I. B.,

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS (POI FEB RAS)*

**Abstract.** As a result of the study of diatoms in the sediments of the Amursky Bay, significant changes in the concentration of diatoms over the past 5,000 years have been revealed. The revealed sharp short-term drops in the concentration of diatoms are associated with the impact of extreme natural phenomena such as typhoons, cyclones, tsunamis, etc. and can be used in the interpretation of paleoconditions.

**Key words:** extreme natural phenomena, Late Holocene, Amursky Bay, diatom concentration

**Введение.** В настоящее время одним из наиболее острых вопросов является связь экстремальных природных явлений в различных регионах с глобальным изменением климата [6]. Побережье залива Петра Великого находится в зоне влияния таких природных явлений, как тропические циклоны (тайфуны), наводнения, ливневые дожди) и даже смерчи. Эти явления часто приводят к катастрофическим последствиям на побережьях, абразии берегов, резкому увеличению твердого стока в морские бассейны [5], что влияет на осадконакопление. Целью настоящей работы являлось выявить особенности формирования осадков при влиянии экстремальных природных явлений.

**Материалы и методы.** Для настоящей работы были исследованы три колонки А12-4, А12-5 и LV66-3, отобранные гравитационными трубками на глубинах 16 м, 20 м и 33 м соответственно (рис. 1) в северной впадине Амурского залива. Донные осадки представлены монотонными в разрезе темно-серыми и черными пелитами или алевроитовыми пелитами. В месте отбора было проведено сейсмоакустическое профилирование, выявившее однородное строение осадочной толщи, без видимых перерывов в осадконакоплении и включений осадков иного состава [1]. Для диатомового анализа образцы колонок А12-4 и А12-5 отбирались с шагом 1 см, образцы колонки LV66-3 отбирались с шагом 3 см. Обработка образцов и приготовление препаратов для изучения и подсчета диатомей проводились по методике обработки донных осадков современных морей [13]. Концентрация диатомей определялась в млн. створок на г воздушно-сухого осадка [7]. Изменения содержания брома

в изученных колонках Амурского залива были установлены при субмиллиметровом рентгеноспектральном сканировании с синхротронным излучением (РФА СИ) [2; 3].

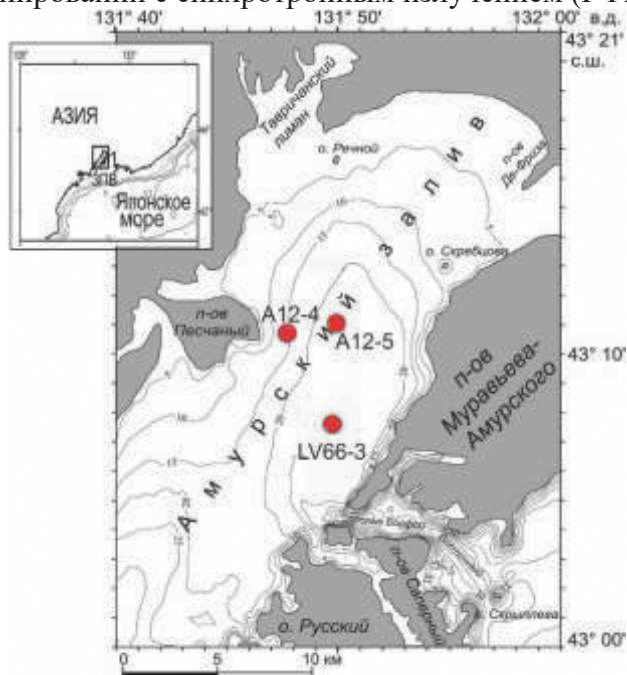


Рис. 1. Местоположение изученных колонок в Амурском заливе Японского моря.

**Результаты и их обсуждение.** Концентрация диатомей была изучена в поверхностных и голоценовых осадках Амурского залива [13; 14; 10; 11]. В осадках, сформированных за последние 5 тыс. лет были установлены многочисленные резкие кратковременные падения содержания диатомей. Сравнение изменения концентрации диатомей с геохимическими данными показало, что минимальные концентрации диатомей в осадках совпадают с падением содержания брома для последних 150 лет (колонки A12-4 и A12-5) (рис. 2) [10] и с максимумами  $\Delta Rb/Br$  в колонке LV66-3 для последних 2000 лет [11] (рис. 3), связанных с экстремальными наводнениями, вызванных тайфунами или глубокими циклонами [2; 3].

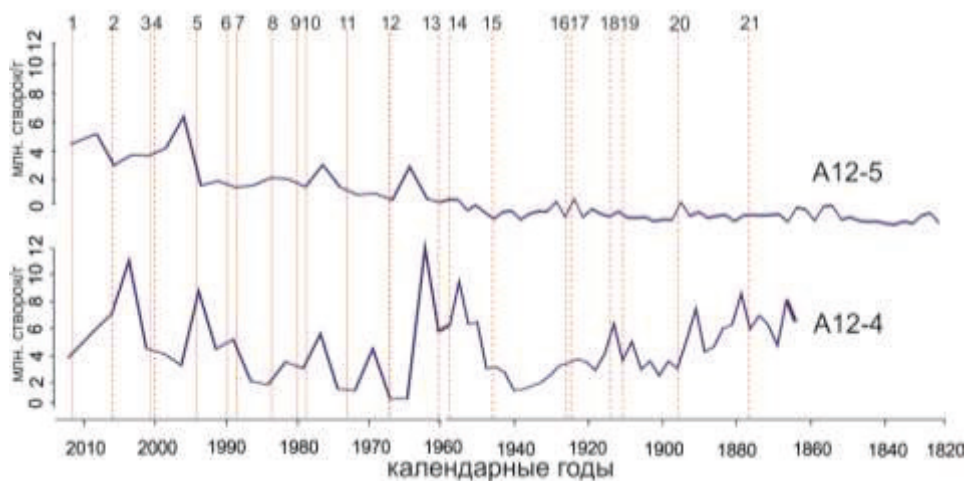


Рис. 2. Изменение концентрации диатомей в колонках A12-4 и A12-5. Красными пунктирными линиями отмечены экстремальные природные явления в Приморье [2; <https://maglipogoda.ru/istoriya-tayfunov-i-moshhnykh-ciklonov-na/>, [http://www.otvprim.ru/society/primorskij-kraj\\_26.10.2015\\_29602\\_stranitsy-istorii-samoe-strashnoe-navodnenie-primorja.html](http://www.otvprim.ru/society/primorskij-kraj_26.10.2015_29602_stranitsy-istorii-samoe-strashnoe-navodnenie-primorja.html), <http://www.kommunar.info/sobytiya/aktualno/1176-istoriya-gubitelnoj-stikhii>; 15].

В период 1850-1950 гг. зафиксировано 7 событий, с периодичностью от 3 до 20 лет. В то время как за последние 60 лет (1956-2012 гг.) их насчитывается 14, с интервалом от 1 до 10 лет, а в некоторые годы отмечено более одного тайфуна в год.

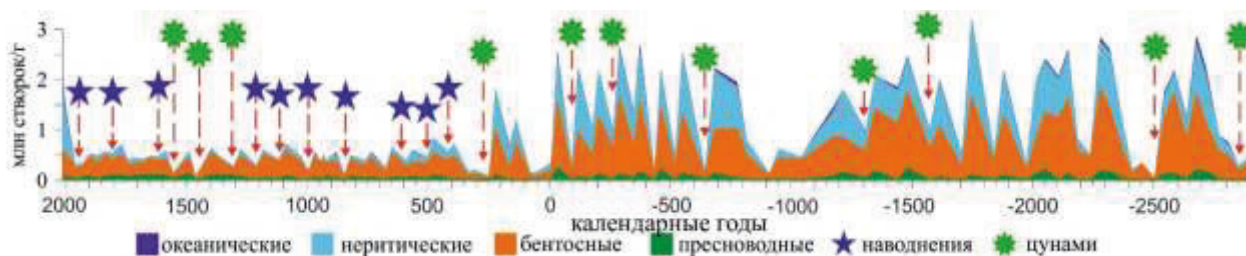


Рис. 3. Изменение концентрации диатомей в колонке LV66-3, исторических палеоцунами и наводнений на побережье Приморья [4; 2; 3; 8].

Для выделения сигналов наводнений в колонке LV66-3 использовалось обратное нормирование содержания брома по рубидию ( $\Delta Rb/Br$ ), в результате чего отрицательные относительно тренда пики брома были преобразованы в положительные пики  $\Delta Rb/Br$  [3]. Помимо лучшей наглядности это дает возможность использовать амплитуду пиков как одну из характеристик интенсивности наводнения. Для представления повторяемости наводнений принят уровень 0.5, который определяет интенсивность и достоверность событий. В колонке LV66-3 отражены преимущественно наводнения, сформировавшиеся во время наиболее интенсивных тайфунов, поскольку станция удалена от устья р. Раздольная, являющейся основным поставщиком взвешенного вещества с суши в залив. Полученная таким образом последовательность сигналов наводнений  $\Delta Rb/Br$  для последних 2000 лет [10] с уровнем выше 0.5 коррелируется с минимальными содержаниями диатомей в осадках. В осадках Амурского залива большая частота влияния экстремальных наводнений отмечено в интервале ~1400-800 к.л.н., следующие 200 лет – сильных паводков не наблюдается. С 1400-1600 гг. отмечено усиление частоты наводнений, а с 1600 года начинаются более стабильные условия формирования осадков. Далее влияние наводнений отмечается ~200 л.н., что совпадает с данными по колонкам A12-4 и A12-5 (рис. 2).

Еще одно катастрофическое явление, которому подвергается побережье Японского моря – это цунами. Цунами – это стихийные гидрометеорологические явления, известные своей разрушительной силой [9]. При условии, что это большая волна, которая попадает на берег, при возвращении несет в море большое количество теригенного материала, в результате чего происходит разбавление микроводорослей в осадках, и на графике мы будем также видеть минимумы их содержания (рис. 3). У побережья Приморья в XX в. произошло 4 крупных цунами: в 1907, 1940, 1983 и 1993 гг. [9], которые имели катастрофический характер и отразились в осадках Амурского залива понижением содержания диатомей. В работе Л.А. Ганзей с соавторами [4] в позднеголоценовый период идентифицированы палеоцунами и наводнения на побережье Восточного Приморья, для которых был определен возраст событий, высота заплеска волн и дальность затопления побережья. В лагунном озере на побережье бухты Красная (о. Русский) выявлены отложения, оставленные палеоцунами (~4920-5000 кал. л.н.; ~4510-4590 кал. л.н.; 3510±90 кал. л.н.; 3270±150 л.н.; 1026 г.). Есть данные по проявлению палеоцунами на побережье бух. Триозерье близкого возраста 3270±150 л.н.; 3510±90 кал. л.н. [8]. В результате был сделан вывод, что исторические и позднеголоценовые палеоцунами были более масштабнее, чем известные цунами XX века [4]. Сопоставив идентифицированные палеоцунами в соответствующие календарные даты с содержанием диатомей за последние 5000 лет, выяснилось, что цунами совпадают с пиками минимумов диатомей в осадках, а также с некоторыми вышеуказанными сигналами.

Проведенное сравнение изменения содержания диатомей, брома и отношения  $\Delta Rb/Bg$  в изученных колонках Амурского залива показало положительную взаимосвязь, что может свидетельствовать о влиянии экстремальных природных явлений, таких как тайфуны, циклоны и наводнения, на резкое сокращение концентрации диатомей в осадках и использовать их для распознавания подобных явлений при палеореконструкциях. Установлено, что влияние усиления интенсивности и частоты экстремальных природных явлений на акваторию Приморья приходится в фазы потепления (малый климатический оптимум и теплые интервалы малого ледникового периода). Снижение активности наводнений, как правило, происходили в фазы похолодания. Полученные наблюдения также подтверждают данные об усилении интенсивности и частоты тайфунов в последние 60 лет в районе Амурского залива из-за влияния глобального потепления, в результате которого происходит смещение траектории тайфунов на север. Также падение концентрации диатомей в осадках может происходить под влиянием другого катастрофического явления – цунами, которые своей разрушительной силой выносят огромное количество терригенного материала, разбавляя морские осадки.

**Заключение.** В литологически однородных осадках с относительно высокими скоростями осадконакопления и отсутствием биотурбации резкие кратковременные сокращения концентрации диатомей связаны с экстремальными морскими гидрологическими явлениями, такими как тайфуны, циклоны, наводнения и цунами, которые выносят огромное количество терригенного материала, разбавляя морские осадки. Усиление интенсивности и частоты экстремальных природных явлений на акватории Амурского залива приходится на теплые периоды, а снижение активности этих явлений происходило преимущественно в периоды похолодания.

**Благодарность.** Работа выполнена по гостеме Минобрнауки РФ № 124022100084-8.

## Литература

1. Акуличев В.А., Астахов А.С., Карнаух В.Н. и др. Геоакустические признаки миграции метана субаквальных угленосных толщ в голоценовый осадочный чехол (Амурский залив Японского моря) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 460. № 5. С. 589-594.
2. Астахов А.С., Калугин И.А., Аксентов К.И., Дарьин А.В. Геохимические индикаторы палеотайфунов в шельфовых отложениях // Геохимия. 2015. № 4. С. 387-392. <https://doi.org/10.7868/S0016752515040020>.
3. Астахов А.С., Дарьин А.В., Калугин И.А., Аксентов К.И. Реконструкция частоты катастрофических наводнений на западном побережье Японского моря по шельфовым седиментационным записям // Метеорология и гидрология. 2019. № 1. С. 91-102.
4. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Гребенникова Т.А., Кайстренко В.М., Горбунов А.О., Арсланов Х.А., Чернов С.Б., Наумов Ю.А. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34. № 1. С. 80-96.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 8. Японское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Спб.: Гидрометеоиздат, 2003. 399 с.
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. Москва, 2021. 104 с.
7. Жузе А.П., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова-Порецкая В.С. Методика исследования // Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. Л.: Наука, 1974. С. 50-79.
8. Корнюшенко Т.В., Гребенникова Т.А. Эволюция лагунного озера и ландшафтов побережья бухты Красная (остров Русский) в среднем-позднем голоцене //

Океанологические исследования: материалы IX конференции молодых ученых (г. Владивосток, Россия, 29-30 апреля 2021 г.). Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2021. С. 69-74.

9. Полякова А.М. Проявление цунами на побережье Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2008. № 4. С. 73-77.

10. Прушковская И.А. Влияние тайфунов на содержание диатомей в осадках Амурского залива (Японское море) за последние 150 лет // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2019. № 2. Вып. 42. С. 111-119. DOI: 10.31431/1816-5524-2019-2-42-1-9.

11. Прушковская И.А., Цой И.Б. Диатомовые водоросли в осадках Амурского залива (Японское море) и влияние тайфунов на их аккумуляцию за последние 2000 лет // Вопросы современной альгологии. 2019. № 2 (20). С. 252-256. URL: <http://algology.ru/1538>. DOI - [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2\(20\)-252-256](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2(20)-252-256)

12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Дальний Восток. Приморье. Л.: Гидрометеиздат, 1977. Т. 18. Вып. 3. 245 с.

13. Цой И.Б., Моисеенко И.А. Диатомей поверхностных осадков Амурского залива Японского моря // Биология моря. 2014. Т. 40. № 1. С. 12-25.

14. Tsoy I.B., Prushkovskaya I.A., Aksentov K.I., Astakhov A.S. Environmental changes in the Amur Bay (Japan/East Sea) in the past 150 years on the basis of diatoms and silicoflagellates // Ocean Science Journal. 2015. V. 50. № 2. P. 433-444. <http://dx.doi.org/10.1007/s12601-015-0039-8>.

15. Zhang X., Fan D., Tian Y., Sun Z., Zhai B., Liu M., Chen B., Yang Z. Quantitative reconstruction of the East Asian Winter Monsoon evolution over the past 100 years: Evidence from high-resolution sedimentary records of the inner continental shelf of the East China Sea // Holocene. 2020. V. 30. № 7. P. 1053-1062. DOI: 10.1177/0959683620908661.