ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2023, том 508, № 2, с. 232–236

ЛИТОЛОГИЯ

УДК 551.3.051 (265.546)

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННЫХ СКОРОСТЯХ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ

© 2023 г. К. И. Аксентов[1,*], М. С. Мельгунов[2], А. В. Алаторцев[1], Суэфа Ши[3], Цзяньцзюнь Зоу[3], И. А. Прушковская[1], А. А. Босин[1], В. В. Саттарова[1]

Представлено академиком РАН Г.И. Долгих 17.10.2022 г.
Поступило 18.10.2022 г.
После доработки 02.11.2022 г.
Принято к публикации 02.11.2022 г.

В условиях быстрых изменений окружающей среды, из-за антропогенного воздействия, и недостаточных данных инструментальных измерений перспективным для палеореконструкций становится изучение природных архивов, таких как донные отложения озер и морей. На основе радиоизотопного датирования по неравновесному ^{210}Pb установлены современные скорости осадконакопления за последние 150 лет в южной части Татарского пролива. По результатам расчетов по двум наиболее используемым моделям (CIC и CRS) скорость осадконакопления составила 0.20–0.22 см/год.

Ключевые слова: донные отложения, радиоизотопное датирование, свинец-210, Татарский пролив

DOI: 10.31857/S2686739722602241, **EDN:** SVZTGN

Татарский пролив расположен между островом Сахалин и материком Евразия и имеет важное хозяйственное значение – через его акваторию проходят морские пути из Охотского и Японского морей в устье реки Амур, а также между материком и островом Сахалин. Пролив богат промысловыми водными биоресурсами, его недра обладают высоким нефтегазоносным потенциалом. В историческое время наблюдается снижение ледовитости пролива [1], которое в свою очередь влияет на динамику гидрологических показателей и продуктивности вод.

Натурные наблюдения за окружающей средой на Дальнем Востоке были начаты значительно позже, чем в других регионах России. По многим параметрам репрезентативные данные получены только с середины прошлого века. Восстановление условий природной среды возможно с помощью палеореконструкций. Для этого необходимо оценить современные скорости осадконакопления, так как донные отложения являются депонирующей средой и тем самым своеобразным архивом, фиксирующим определенные параметры окружающей среды. В связи с этим нами проведено изучение верхних горизонтов донных отложений Татарского пролива радиоизотопными методами, которые позволяют провести их датирование на основе неравновесного ^{210}Pb за последние 100–200 лет.

Керн донных отложений станции LV87-18-3 был взят много-трубчатым пробоотборником с борта нис “Академик М.А. Лаврентьев” в южной части Татарского пролива осенью 2019 г. (рис. 1). Данный пробоотборник позволяет получить ненарушенный керн с придонной водой.

В экспедиционных условиях проводились первичная обработка, включающая визуальное описание, исследование микропрепаратов (мазков) под микроскопом, отбор проб на плотность и влажность. Для радиоизотопных и геохимических исследований керн нарезался по 1 см и замораживался. В дальнейшем осадок доводили до воздушно-сухого состояния в лиофильной сушилке при температуре минус 56°С. Измерения активности ^{210}Pb, ^{226}Ra осуществляли с помощью полупроводниковой низкофоновой гамма-спектрометрии на коаксиальном Ge-детекторе с низкофоновым криостатом EGPC-192-P21, на спектрометре с процессором FP-6300B (EURISYS MESURES) в ИГМ СО РАН [3]. Для получения

[1]*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия*
[2]*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия*
[3]*Первый институт океанографии Министерства природных ресурсов КНР, Циндао, 266061 КНР*
**E-mail: aksentov@poi.dvo.ru*

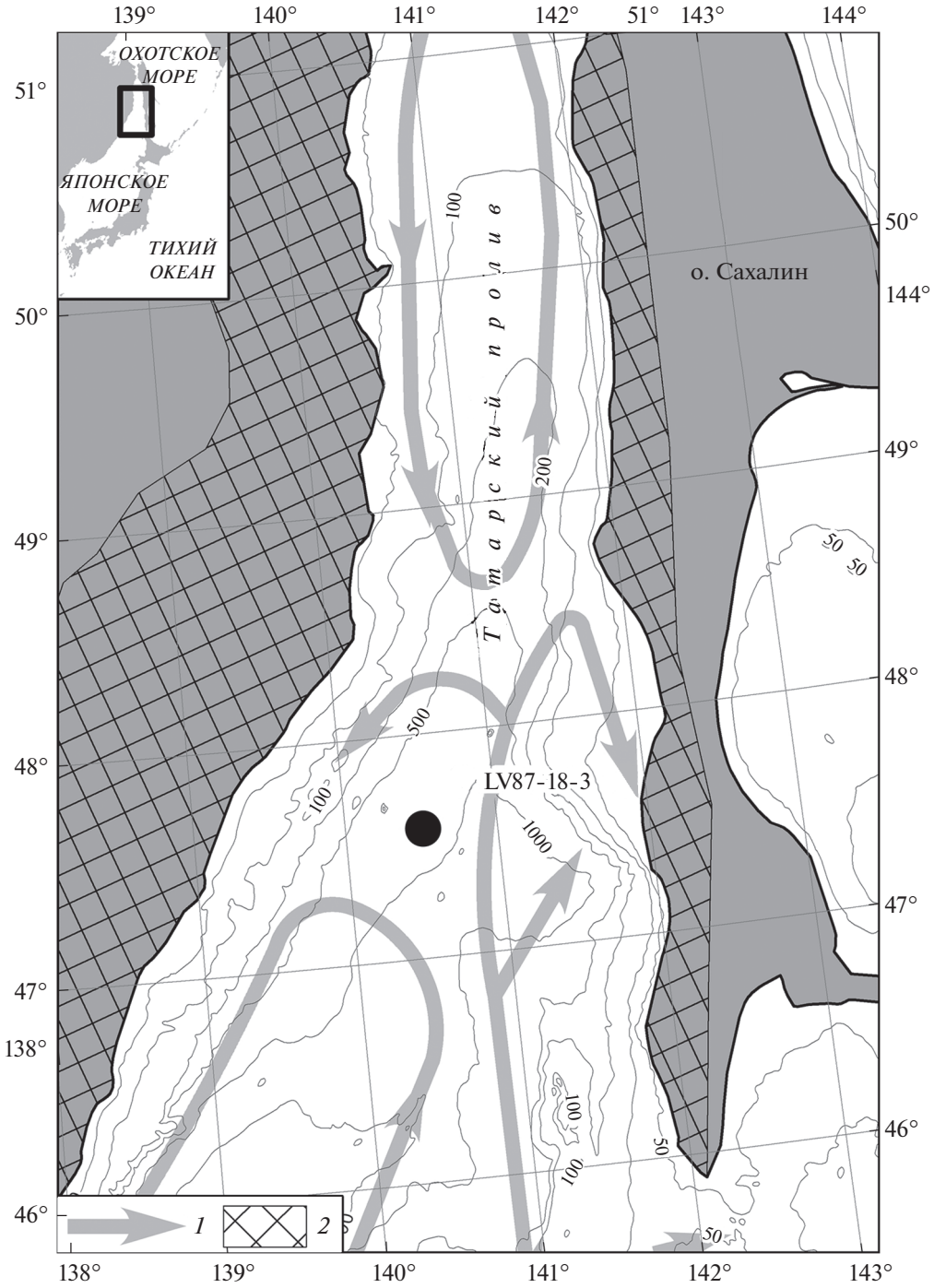

Рис. 1. Местоположение станции LV87-18-3. *1* – поверхностные течения [2]; *2* – водосборная площадь.

неравновесного ^{210}Pb ($^{210}Pb_{ex}$) значения активности ^{226}Ra вычитали из значений активности ^{210}Pb по общей методике [3]. Определение органического углерода ($C_{орг}$) проводилось на анализаторе общего углерода “Shimadzu” TOC-V с приставкой SSM-5000A для анализа твердых проб. Гранулометрический состав определялся на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 “NanoTec Fritsch” с предварительной диспергацией ультразвуком.

Исследуемый керн имеет однородную текстуру светло-серого цвета с оливковым оттенком (5Y 6/2 по международной шкале цветов почв Манселла). Верхний горизонт (0–1 см) полужидкий, далее 2–10 см – от очень мягкого до мягкого и 10–36 см – уплотненный. Консистенцию осад-

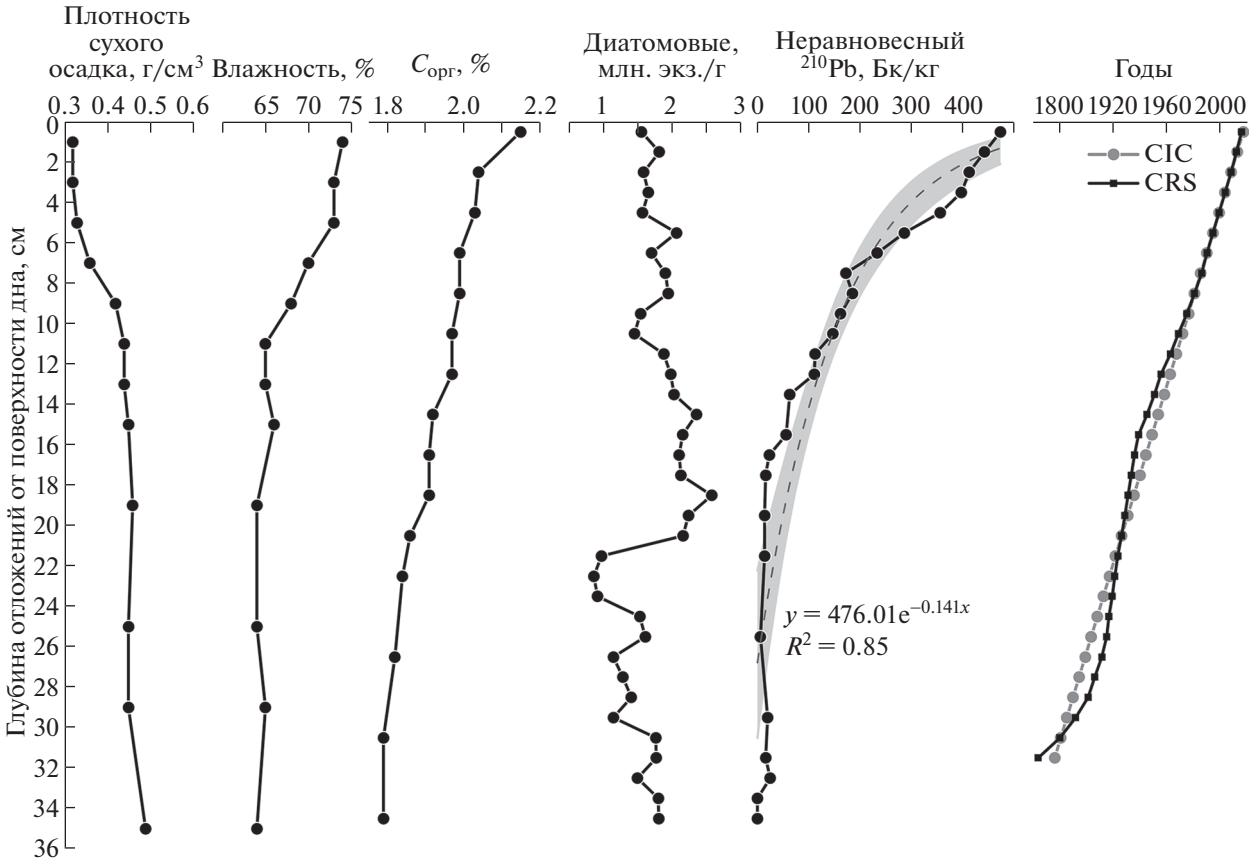

Рис. 2. Основные параметры вещественного состава керна LV87-18-3.

ка отражают распределения плотности сухого осадка и влажности (рис. 2). По структуре керн на всю свою длину также однороден. Преобладают частицы алевритовой размерности (4–63 мкм согласно международной шкале) от 73 до 80%. Содержание глинистых частиц (0–4 мкм) колеблется в пределах 20–27%. Содержание песчанистых частиц (63–2000 мкм) составляет меньше 1%. Следы биотурбации и различные включения (галька, ракуша) не обнаружены. Тем самым данный керн подходит для датирования радиометрическим методом по неравновесному ^{210}Pb.

Вертикальное распределение $^{210}Pb_{ex}$ аппроксимируется экспоненциальной зависимостью с коэффициентом детерминации 0.85 (рис. 2). На основании этого правомерно использовать упрощенную модель постоянной начальной концентрации (constant initial concentration – CIC) [4]. С другой стороны, в нижних горизонтах керна активность $^{210}Pb_{ex}$ достигает нулевых значений (рис. 2). Используя плотность сухого осадка, представляется возможность провести расчеты по модели постоянного потока (constant rate of supply – CRS) [5]. По модели CIC скорость осадконакопления составила 0.22 см/год, по модели CRS (если усреднить для всего керна по крайним точкам) – 0.20 см/год. Оценки скорости осадконакопления по обоим моделям сопоставимы (рис. 2). С учетом того, что для верхних горизонтов (0–10 см) вычисленные значения совпадают до одного календарного года по обоим моделям, следует принять скорость осадконакопления 0.22 см/год для данной локации.

Ранее оценка современной скорости осадконакопления была проведена только для вершины Татарского пролива (северная часть) на основе балансовых расчетов поступления твердого стока р. Амур и составила 0.038 см/год [6], что на порядок меньше полученной нами для южной части. Такое различие связано с условием распространения взвеси на расчетную площадь осаждения. Но перераспределение терригенного материала осуществляется неравномерно, а в пелагических частях возрастает роль биогенного фактора. На акватории Татарского пролива существуют аседиментогенные зоны, приуроченные к шельфу, где современное осадконакопление не происходит [7]. Исследования стока р. Амур за последние десятилетия показывают, что в безледный период активный вынос вод амурского плюма в Татарский пролив происходил только во время

паводков, при этом в отдельные годы продолжительность выноса может составлять всего несколько дней [8]. Тем самым в северной части пролива скорости седиментации должны резко различаться согласно течениям и морфологии дна. С другой стороны, южная часть пролива имеет большую площадь депонирования, пелагические условия седиментации с низким влиянием терригенного материала, вследствие геолого-геоморфологических особенностей водосборной площади (горный рельеф, малая территория). Также в южной части пролива увеличивается влияние биогенного фактора. Содержание диатомей в изучаемом керне находится на уровне 1–2 млн. экз./г (рис. 2), а в донных осадках северной части пролива 0–1 млн. экз./г [9]. Вероятно, что скорости седиментации в южной части пролива выросли за последние десятилетия за счет увеличения продуктивности вод, на что косвенно указывает увеличение содержания органического углерода и количества диатомовых в верхних горизонтах датированного керна (рис. 2).

В настоящее время для Японского моря данные по современным скоростям осадконакопления носят фрагментарный характер. В глубоководной части Японской (Центральной) котловины и на возвышенности Ямато (всего три станции) современные скорости осадконакопления находятся в пределах 0.02–0.05 см/год [10, 11]. Больше определений имеется в котловине Улындо и прилегающей акватории Корейского полуострова. Здесь вариации современных скоростей осадконакопления составляют от 0.02–0.07 см/год в абиссали до 0.20–0.22 см/год на шельфе и склоне котловины [10, 11]. Недавние оценки указывают на скорости 0.30 см/год в донных отложениях акватории между островами Садо и Хонсю (глубина расположения точки опробования 540 м), а также 0.16 см/год на склоне Японского желоба со стороны острова Хонсю (глубина точки опробования 566 м) [12].

В сравнении с другими регионами скорости осадконакопления оказались сопоставимы. Так, для Курильской котловины скорости осадконакопления составили 0.13 см/год [13], а для шельфа Берингова моря в районе о. Св. Лаврентия – 0.35 см/год [14]. Наиболее детальные исследования скоростей осадконакопления на основе неравновесного ^{210}Pb проведены в Карском море, где высокие значения обнаружены в эстуариях рек Оби и Енисея (0.76–1.06 см/год), а в глубоководных районах не превышали 0.11–0.24 см/год [15].

Проведенные исследования указывают на равномерный характер осадконакопления в южной части Татарского пролива. Полученное значение современных скоростей осадконакопления сопоставимо с оценками в других районах дальневосточных и арктических морей. Вследствие этого появляются перспективы дальнейших исследований верхней толщи донных отложений в целях реконструкции изменения окружающей среды и влияния антропогенного воздействия, как в региональном, так и глобальном масштабах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность экипажу НИС “Академик М.А. Лаврентьев” за помощь в получении научного материала.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Экспедиционные работы были выполнены при финансовой поддержке Министерство науки и высшего образования (тема № 121021700342-9) и Морского научно-технического фонда Провинции Шаньдун для пилотной национальной лаборатории морских наук и технологий (Циндао) (№ 2022QNLM050203). Радиоизотопные исследования, определение гранулометрического состава, интерпретация результатов и концептуализация статьи выполнены при поддержке гранта РНФ 18-77-10017.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еременко И.В., Дорофеева Д.В., Романюк В.А., Пищальник В.М.* Исследование изменений ледовитости Татарского пролива на основе данных дистанционного зондирования земли // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2017. Т. 23. Ч. 3. С. 20–31.
2. *Андреев А.Г.* Особенности циркуляции вод в южной части Татарского пролива // Исследование земли из космоса. 2018. № 1. С. 3–11.
3. *Melgunov M.S., et al.* Fallout traces of the Fukushima NPP accident in southern West Siberia (Novosibirsk, Russia) // Environ. Sci. Pollut. Res. 2012. V. 19. № 4. P. 1323–1325.
4. *Krishnaswamy S., et al.* Geochronology of lake sediments // Earth Planet. Sci. Lett. 1971. V. 11. № 1–5. P. 407–414.
5. *Appleby P.G., Oldfield F.* The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported 210Pb to the sediment // CATENA. 1978. V. 5. № 1. P. 1–8.
6. *Дударев О.В., Боцул А.И., Аникиев В.В., Якунин Л.П., Колесов Г.М.* Современное осадконакопление в эстуарии р. Амур // Тихоокеанская геология. 2000. Т. 19. № 3. С. 30–43.
7. *Лихт Ф.Р., Деркачев А.Н., Боцул А.И.* Литодинамическая дифференциация донных отложений в седиментационных бассейнах разного морфоструктурного типа (на примере Татарского пролива) // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. Владивосток: Дальнацка, 2002. С. 5–24.
8. *Осадчиев А.А.* Распространение плюма реки Амур в Амурском лимане, Сахалинском заливе и Татарском проливе // Океанология. 2017. Т. 57. № 3. С. 417–424.

9. *Обрезкова М.С.* Диатомеи поверхностных осадков Амурского лимана и прилегающих акваторий Японского и Охотского морей // Биология моря. 2009. Т. 35. № 2. С. 107–118.
10. *Hong G.H., Kim S.H., Chung C.S., Kang D.-J., Shin D.-H., Lee H.J., Han S.-J.* ^{210}Pb-derived sediment accumulation rates in the southwestern East Sea (Sea of Japan) // Geo-Marine Letters. 1997. V. 17. № 2. P. 126–132.
11. *Hong G.H., U, Lee S.H., Kim S.H., Chung C.S., Baskaran M.* Sedimentary fluxes of ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{239,240}Pu and ^{210}Pb in the East Sea (Sea of Japan) // Science of the Total Environment. 1999. V. 237–238. P. 225–240.
12. *Yamada M., Oikawa S.* ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Pu, ^{241}Am, ^{137}Cs, and ^{210}Pb in seafloor sediments in the western North Pacific Ocean and the Sea of Japan: distributions, sources and budgets // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2022. V. 331. P. 2689–2703.
13. *Aksentov K.I., Sattarova V.V.* Mercury geochemistry of deep-sea sediment cores from the Kuril area, northwest Pacific // Prog. Oceanogr. 2020. T. 180. P. 102235.
14. *Hu L., et al.* Sedimentary records of bulk organic matter and lipid biomarkers in the Bering Sea: A centennial perspective of sea-ice variability and phytoplankton community // Mar. Geol. 2020. V. 429. P. 106308.
15. *Русаков В.Ю., Борисов А.П., Соловьева Г.Ю.* Скорости седиментации (по данным изотопного анализа ^{210}Pb и ^{137}Cs) в разных фациально-генетических типах донных осадков Карского моря // Геохимия. 2019. Т. 64. № 11. С. 1158–1174.

FIRST DATA OF MODERN SEDIMENTATION RATE IN THE SOUTHERN TATAR STRAIT OF THE SEA OF JAPAN

K. I. Aksentov[a,#], M. S. Melgunov[b], A. V. Alatorsev[a], Xuefa Shi[c], Jianjun Zou[c], I. A. Prushkovskaya[a], A. A. Bosin[a], and V. V. Sattarova[a]

[a] *Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation*

[b] *Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russian Federation*

[c] *First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources of China, 6 Xianxialing Road, Qingdao, China*

[#] *E-mail: aksentov@poi.dvo.ru*

Presented by Academician of the RAS G.I. Dolgikh October 17, 2022

The study of natural archives, such as bottom sediments of lakes and seas, becomes promising for paleoreconstructions due to the conditions of rapid changes of the environment, anthropogenic impact, and insufficient data of instrumental measurements. Based on a radioisotope dating using the non-equilibrium ^{210}Pb, the modern sedimentation rates for the last 150 years in the southern part of the Tatar Strait have been established. According to the two models (CIC and CRS), the sedimentation rate was 0.20–0.22 cm/year.

Keywords: bottom sediments, radioisotope dating, lead-210, Tatar Strait