

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОСЕДИМЕНТАЦИИ И ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ: ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ^{234}Th И ^{40}K

© 2019 г. **С. Б. Гулин**¹, **И. Г. Сидоров**^{1, *}, **В. Н. Поповичев**¹

¹Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
Севастополь 299011, Россия

*e-mail: sidorov.imbr@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.06.2018 г.

После доработки 03.10.2018 г.

Принята к публикации 18.10.2018 г.

Изучена сезонная динамика биогенного осадконакопления в Севастопольской бухте Черного моря с использованием тория-234 (^{234}Th) в качестве природного радиотрассера. Процентное содержание биогенной взвеси в донных осадках определено с помощью радионуклида ^{40}K по разработанной ранее методике. Обнаружено два основных максимума скорости накопления донных отложений: в апреле–июне и во второй половине лета. В первом случае это, по-видимому, обусловлено более интенсивным поступлением терригенной взвеси в весенний период, во втором – высокими значениями первичной продукции фитопланктона в конце лета. Полученные с помощью данного метода результаты более точно оценивают среднегодовую скорость биоседиментационных процессов, что необходимо для расчета потоков депонирования биогенных и загрязняющих веществ в донные отложения прибрежных акваторий.

Ключевые слова: биоседиментация, торий-234, Черное море, Севастопольская бухта

DOI: 10.1134/S0134347519030045

Известно, что основными механизмами деэвтрофикации и самоочищения морской среды от биогенных и загрязняющих веществ являются их седиментационное удаление из водной толщи в составе взвешенного вещества и депонирование в донных отложениях (Поликарпов и др., 1976). Для изучения этих процессов широкое распространение получили природные и техногенные радионуклиды, используемые в качестве трассеров для датировки морских осадков и оценки седиментационного потока взвеси. К числу таких трассеров относится, например, природный радиоактивный изотоп ^{210}Pb , период полураспада которого (22.3 года) соответствует временному масштабу наиболее интенсивного антропогенного воздействия на морскую среду. Вместе с тем применение этого радионуклида затруднено в акваториях с изменчивой скоростью осадконакопления, к числу которых относится большинство прибрежных зон. Кроме этого, точность определения возраста донных отложений с помощью свинца-210 в значительной степени зависит от интенсивности биологического и физического перемешивания поверхностного слоя осадков, скорость которого зачастую имеет тот же временной масштаб, что и радиоактивный распад данного изотопа (Anderson et al., 1987). Поэтому для

оценки интенсивности биотурбации поверхностного слоя донных отложений, а также для их более точной датировки и определения скорости осадконакопления в ряде работ был использован короткоживущий природный радиоизотоп торий-234 (^{234}Th) с периодом полураспада всего 24.1 сут (Aller, DeMaster, 1984; Nittrouer et al., 1984; Gerino et al., 1998; Santschi et al., 2001), что позволяет изучать седиментационные процессы с периодом усреднения от нескольких суток до нескольких месяцев (Gulin, 2000, 2014; Rutgers van der Loeff et al., 2006).

В настоящее время ^{234}Th является одним из самых распространенных трассеров для изучения биоседиментационных процессов в морских экосистемах (Waples et al., 2006). Он образуется непосредственно в водной среде при распаде долгоживущего материнского радионуклида ^{238}U (период полураспада = 4.5 млрд лет), в отличие от которого торий активно сорбируется взвешенным веществом с коэффициентом накопления до 10^4 (Поликарпов, Егоров, 1986). Вследствие этого седиментационный вынос взвеси из водной толщи нарушает так называемое вековое равновесие между концентрацией ^{234}Th и ^{238}U (выраженной в единицах радиоактивности) и приводит к своеобразному де-

Таблица 1. Сезонная динамика скорости седиментационного накопления ^{234}Th и взвешенного вещества в донных отложениях Севастопольской бухты

Месяцы (дата отбора)	Поток ^{234}Th , Бк/м ² /сут	Поток взвеси, г/м ² /сут	Доля биогенного вещества, %
3/4 (02.04)	—	—	55
4 (21.04)	7.8	21.99	42
6 (22.06)	11.8	33.36	55
6/7 (02.07)	1.5	4.25	—
7/8 (27.07)	8.5	24.07	79
9 (14.09)	1.0	2.89	35
10 (22.10)	0.6	1.57	37
12 (23.12)	2.7	7.66	37

фициту тория-234 по сравнению с содержанием урана-238. В донных отложениях, наоборот, образуется избыток ^{234}Th по отношению к ^{238}U за счет оседания взвешенных форм тория из водной толщи. Дефицит или избыток тория-234 являются количественной мерой для оценки скорости седиментационного удаления взвешенных веществ из водной толщи или их накопления в донных отложениях.

Цель настоящей работы — изучение сезонной динамики биогенного осадконакопления в Севастопольской бухте с использованием ^{234}Th в качестве природного радиотрассера. Это необходимо для получения более точных среднегодовых оценок седиментационного потока биогенного взвешенного вещества в донные отложения с учетом сезонной динамики развития планктонных сообществ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы отбирали в разные сезоны (см. табл. 1) на траверзе Константиновского равелина в Севастопольской бухте Черного моря в точке с координатами 44°37'53" с.ш. — 33°31'32" в.д. с помощью акриловой грунтовой трубки с внутренним диаметром 58 мм и вакуумным затвором. Одновременно отбирали три колонки донных отложений. Верхний 0–2-сантиметровый слой каждой колонки отделяли, используя поршневой экструдер, затем смешивали с аналогичными слоями двух других колонок и гомогенизировали. Полученные усредненные пробы высушивали до постоянной массы при температуре 40–50°C, измельчали в агатовой ступке и помещали в пластиковые чашки Петри с внутренним диаметром 53 мм. Содержание ^{234}Th и ^{40}K в пробах определяли с помощью высокопрецизионного полупроводникового гамма-спектрометра ORTEC GMX-10 (США), выполненного на основе кристалла сверхчистого германия. Активность ^{234}Th устанавливали по его γ -излучению с энергией 63.2 и 92.6 кэВ, а ^{40}K — по γ -излучению с энергией 1460.8 кэВ. Для оценки содержания избыточного ^{234}Th (по отношению к

^{238}U) гамма-спектрометрическую активность каждой пробы измеряли не менее двух раз — непосредственно после отбора проб и примерно через 240 сут, т.е. после полного распада избыточного ^{234}Th . Исходную активность радионуклидов в донных осадках рассчитывали на их сухую массу с учетом содержания в поровой воде морских солей, концентрацию которых определяли с помощью портативного гидрологического зонда SD-204 (SAIV A/S, Норвегия) по ранее описанной методике (Гулин, 2008; Gulin et al., 1997, 2001).

Скорость седиментационного накопления ^{234}Th в донных отложениях рассчитывали по формуле (1), как предложено ранее (Aller, DeMaster, 1984; Gerino et al., 1998; Santschi et al., 2001; Rutgers van der Loeff et al., 2006):

$$P_s = \lambda \left({}^{234}\text{Th} - {}^{238}\text{U} \right), \quad (1)$$

где P_s — скорость седиментационного накопления ^{234}Th в донных отложениях (Бк/м²/сут); λ — константа радиоактивного распада ^{234}Th (0.0288/сут); ^{234}Th и ^{238}U — интегральное содержание соответствующих радионуклидов под единицей площади в донных осадках (Бк/м²).

Долю биогенного вещества в донных отложениях определяли по содержанию в них долгоживущего природного радионуклида ^{40}K в соответствии с методикой, предложенной ранее (Гулин и др., 2013; Gulin et al., 2014). Она основана на том, что ^{40}K поступает в море преимущественно с литогенной взвесью, в которой его среднее содержание (кларк) составляет 25 гК/кг, тогда как в биогенном веществе эта величина не превышает 3 гК/кг (Гавшин и др., 1988). После определения активности ^{40}K его фактическое содержание в донных отложениях рассчитывали по удельной радиоактивности, равной 1 гК = 30.65 Бк ^{40}K (Gulin et al., 2001, 2014). На основе этих данных можно рассчитать относительный вклад биогенного и литогенного вещества в морских донных отложениях:

$$\text{Биогенная взвесь}(\%) = \frac{Clk_{\text{Л}}K - \frac{гК}{кг}}{Clk_{\text{Л}}K - Clk_{\text{Б}}K} \times 100\%, \quad (2)$$

где $Clk_{\text{Л}}K$ и $Clk_{\text{Б}}K$ – значения кларков калия в литогенном и биогенном веществе соответственно; гК – фактическое содержание калия в исследуемой пробе, определенное по результатам радиометрических измерений активности калия-40.

Параллельно измеряли первичную продукцию фитопланктона (ПП) с использованием радиоуглеродного метода. Эти исследования проводили по стандартной схеме: отбор проб поверхностной морской воды в прозрачные (светлые) и светонепроницаемые (темные) склянки, добавление в них меченного по ^{14}C бикарбоната натрия, экспозиция, фильтрация и определение радиоактивности воды и фильтров с осажденным сестоном. Результаты измерений рассчитывали по формуле Винберга и Калера (1960):

$$C_{\text{Ф}} = \frac{C_{\text{К}}r}{R}, \quad (3)$$

где $C_{\text{Ф}}$ – первичная продукция за время экспозиции, мгС/л; $C_{\text{К}}$ – общее количество неорганического углерода в морской воде во всех формах углекислоты (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}), мгС/л; r – радиоактивность ^{14}C , накопленного фитопланктоном за время экспозиции; R – радиоактивность ^{14}C , внесенная в опытные склянки, измеренная при тех же условиях, что и r , и выраженная в таких же единицах.

При оценках ПП использовали значение $C_{\text{К}} = 36$ мгС/л (Игнатьева, 2009), при этом исходная радиоактивность ^{14}C в склянках (R) составляла 50 кБк/л, а относительная погрешность определения ПП – 18%. Радиометрические измерения ^{14}C в аликвотах воды из инкубируемых склянок и во взвеси, осаждаемой на мембранных фильтрах “Sartorius” с размером пор 0.45 мкм, проводили на бета-спектрометре “RackBeta-1219 Spectral” (LKB Wallac, Финляндия) с использованием сцинтилляционной жидкости “OptiPhase-II” и с периодическим контролем работы прибора по ^{14}C -стандарту.

Для того чтобы преобразовать полученные данные по скорости седиментации ^{234}Th в скорость накопления взвешенного вещества на дне бухты, необходимо знать удельное содержание ^{234}Th в оседающей взвеси. С этой целью на исследованной станции отбирали пробу придонной воды объемом более 100 л, которую сразу фильтровали через мембранный фильтр Millipore диаметром 293 мм с номинальным размером пор 0.45 мкм. Для пробоотбора и фильтрации использовали перистальтический насос большой мощности Master-Flex I/P 7591-5 (США), который был установлен на борту судна, соединен с силиконовым шлангом, опущенным в придонный слой воды (глубина

около 10 м), и с устройством для фильтрации через упомянутый выше мембранный фильтр. Это позволило одновременно отбирать и фильтровать придонную воду без контакта с воздухом, что необходимо для получения пробы взвешенного вещества в условиях, близких *in situ*.

После фильтрации мембранный фильтр сушили при температуре 40–50°C и помещали в гамма-спектрометр ORTEC GMX-10 для измерения содержания ^{234}Th по описанной выше методике.

Параллельно с отбором и фильтрацией основной пробы придонной воды из нее брали около 2 л для определения содержания взвешенного вещества. Эту подпробу фильтровали через предварительно взвешенный ядерный мембранный фильтр Nuclepore диаметром 47 мм с размером пор 0.45 мкм. Осадок промывали дистиллированной водой; фильтр сушили при температуре 40–50°C, повторно взвешивали и по разнице начальной (т.е. до фильтрации) и конечной массы определяли содержание взвешенного вещества в придонном слое воды Севастопольской бухты.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Временной масштаб оценки потока взвешенного вещества с учетом периода полураспада ^{234}Th (24.1 сут) для прибрежных районов обычно не превышает 2–3 нед., что обусловлено интенсивностью и вариабельностью седиментации. Это приводит к естественному усреднению динамики седиментационных процессов, полученной с использованием данного метода (Buessler, 1991; Wei, Murray, 1991; Buessler et al., 1992; Cochran et al., 1993; Polikarpov et al., 1994). Таким образом, несмотря на то, что пробы отбирали в определенный день, полученные результаты отражают седиментацию за более длительные промежутки времени. В связи с этим на рис. 1 и 2 величина седиментационного потока ^{234}Th представлена в виде столбцов, а в табл. 1 наряду с датами отбора проб указаны месяцы.

Анализ сезонной динамики седиментационного потока ^{234}Th в исследованном районе Севастопольской бухты показал, что накопление тория-234 в поверхностном слое донных отложений характеризовалось двумя основными максимумами: в конце апреля–июне и во второй половине лета (июль–август). В эти же периоды отмечено увеличение первичной продукции с основным максимумом во второй половине лета, хотя скорость осадконакопления была выше в первый из этих двух периодов (рис. 1, табл. 1).

Несколько другую картину наблюдали по результатам исследования сезонной динамики биогенного осадконакопления, которое было выполнено с использованием ^{40}K в качестве трассера по описанной выше методике. Во второй половине лета доля биогенного вещества в донных отложе-

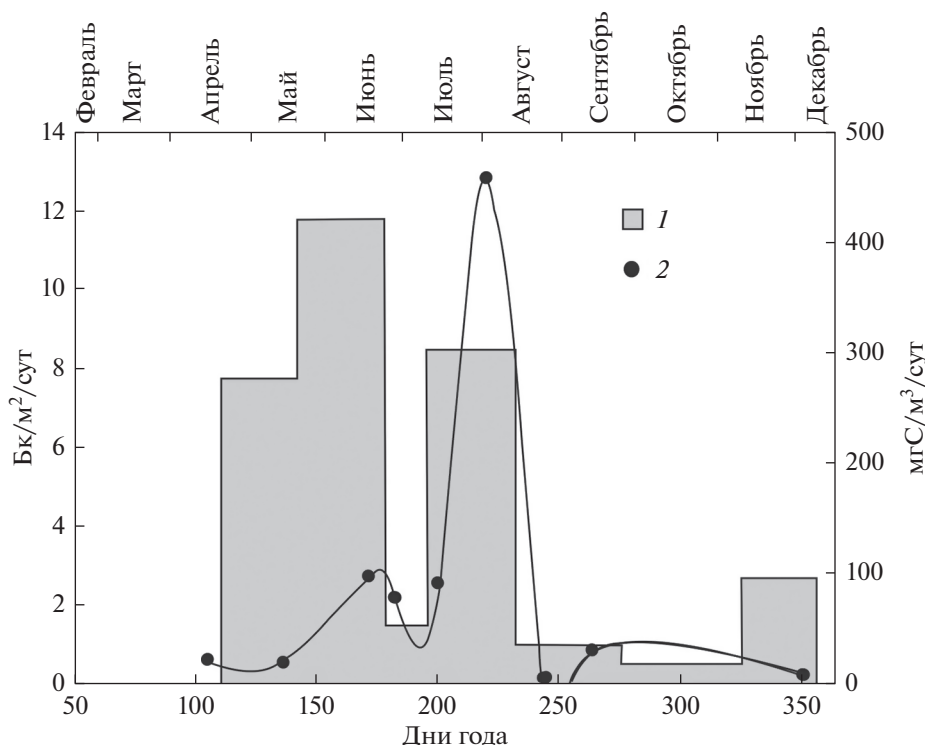


Рис. 1. Сезонная динамика седиментационного накопления ^{234}Th в донных отложениях Севастопольской бухты (1) по сравнению с первичной продукцией фитопланктона (2).

ниях была максимальной и достигала примерно 80%, тогда как в предшествующий период поздней весны—раннего лета она была значительно меньше (рис. 2, табл. 1).

Результаты гамма-спектрометрических измерений показали, что удельная радиоактивность ^{234}Th во взвешенном веществе из придонного слоя воды составляла 353 Бк/кг в пересчете на сухую массу взвеси. Эту величину использовали для расчета скорости осадконакопления в исследованном районе Севастопольской бухты (табл. 1). Рассчитанная по полученным данным величина среднемесячного потока взвешенного вещества в донные отложения составила 13.7 г/м²/сут, что соответствует осаждению около 5 кг взвеси на 1 м² в год.

ОБСУЖДЕНИЕ

При интерпретации полученных результатов необходимо учитывать, что седиментационное удаление ^{234}Th из водной толщи происходит как на литогенном, так и на биогенном веществе, следовательно, величина потока данного радионуклида отражает общее поступление взвешенного вещества в донные отложения. В связи с этим полученную нами сезонную динамику скорости седиментации ^{234}Th и первичной продукции фитопланктона (рис. 1) можно объяснить тем, что в конце весны — в начале лета значительную долю

взвешенного вещества, оседающего на дно бухты, составляет литогенная взвесь, поступающая в составе берегового стока, поскольку данный период, как правило, характеризуется большим количеством атмосферных осадков. В конце июля — начале августа, наоборот, в осадочном материале преобладает биогенная взвесь, образующаяся в результате жизнедеятельности фитопланктона. Это предположение подтверждено нашими данными по сезонной динамике биогенного вещества в донных отложениях исследованного района Севастопольской бухты (рис. 2). Максимальная доля биогенной фракции верхнего слоя донных отложений приходилась на вторую половину лета, а в конце весны — начале лета доля биогенного вещества была почти в 2 раза меньше (рис. 2, табл. 1).

Необходимо отметить, что в конце летнего периода, когда по нашим оценкам происходит увеличение скорости осадконакопления, совпадающее с повышением доли биогенного вещества в донных осадках (рис. 2), по литературным сведениям (Лопухина и др., 1999) наблюдается и наибольший рост численности фитопланктона. Это позволяет сделать вывод о том, что сезонная вариabельность осадконакопления в Севастопольской бухте определяется чередованием биотических и абиотических факторов, к числу которых прежде всего относятся динамика фитопланктонных сообществ (особенно в летнее время) и поступле-

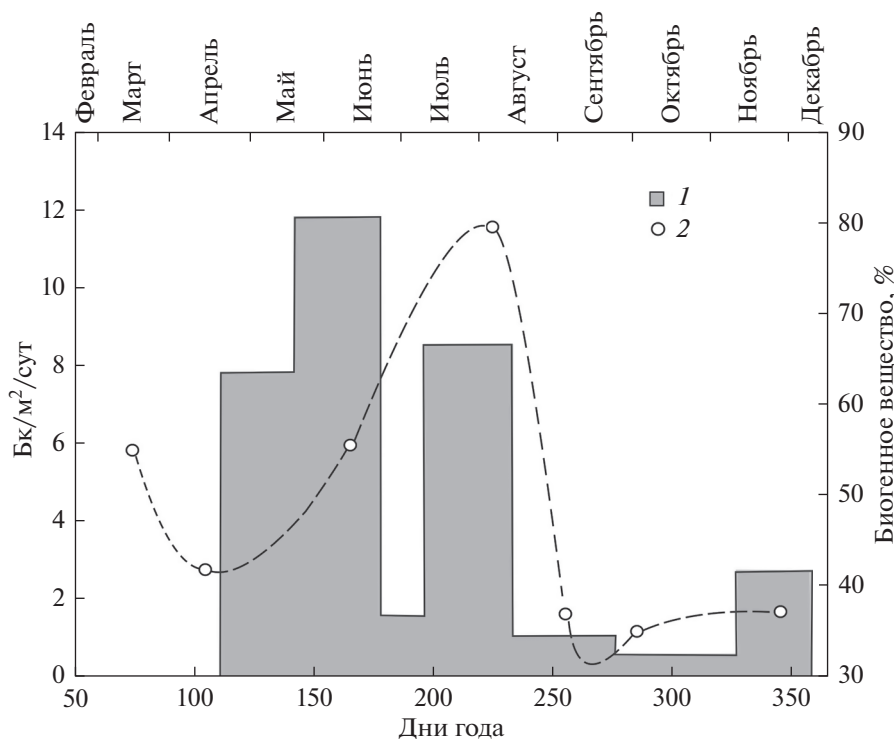


Рис. 2. Сезонная динамика седиментационного накопления ^{234}Th (1) и относительного содержания биогенного вещества (2) в донных отложениях Севастопольской бухты.

ние терригенной взвеси в период более интенсивных атмосферных осадков.

Как отмечено выше, на основе данных по седиментационному потоку ^{234}Th нами была рассчитана скорость осадконакопления, которая в среднем составила $5 \text{ кг/м}^2/\text{год}$. Для сравнения, среднегодовая скорость осадконакопления в этом районе Севастопольской бухты, определенная нами по глубине залегания максимума активности чернобыльского ^{137}Cs в донных отложениях, составила около $3 \text{ кг/м}^2/\text{год}$ (Гулин и др., 2013). При этом необходимо учитывать, что данная величина усреднена за 23-летний период, прошедший с момента аварии на Чернобыльской АЭС до отбора проанализированных проб (Гулин и др., 2013). За это время существенная часть исходной массы вещества, накопленного в донных отложениях, могла быть потеряна в результате диагенетической трансформации осадков, прежде всего за счет биологической минерализации органического углерода. Очевидно, что этот эффект в меньшей степени влияет на оценку скорости осадконакопления, полученную с помощью ^{234}Th , поскольку период усреднения в данном случае составляет менее одного года.

Таким образом, можно заключить, что использование тория-234 в качестве природного радиотрассера для изучения биоседиментационных процессов в морских экосистемах позволяет

определить скорость осадконакопления и проследить ее сезонную динамику, что необходимо для получения надежных балансовых оценок депонирования биогенных и загрязняющих веществ в донных отложениях прибрежных акваторий.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем», номер гос. регистрации АААА-А18-118020890090-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Винберг Г.Г., Калер В.Л. Сравнительное исследование первичной продукции планктона радиоуглеродным и кислородным методами // Докл. АН СССР. 1960. Т. 130. № 2. С. 446–449.
- Гавшин В.М., Лапухов С.В., Сараев С.В. Геохимия литогенеза в условиях сероводородного заражения (Черное море). Новосибирск: Наука. 1988. 194 с.
- Гулин С.Б. Радиоизотопная геохронологическая реконструкция загрязнения и эвтрофикации Черного моря // Радиэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2008. С. 519–547.
- Гулин С.Б., Сидоров И.Г., Гулина Л.В. Биогенная седиментация в Черном море: радиотрассерное исследование // Мор. экол. журн. 2013. Т. 12. № 2. С. 19–25.

- Игнатьева О.Г.* Состояние компонентов карбонатной системы вод Севастопольской бухты по данным экспедиционных исследований 2006–2007 гг. // Мор. экол. журн. 2009. Т. 2. С. 37–48.
- Лопухина О.А., Брянцева Ю.В., Кемп Р.Б.* Сезонная динамика фитопланктона Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. Севастополь: Акватита. 1999. С. 131–141.
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н.* Морская динамическая радиохемозология. М.: Энергоатомиздат. 1986. 176 с.
- Поликарпов Г.Г., Зесенко А.Я., Егоров В.Н., Назаров А.Б.* Применение радиоизотопных методов в исследовании продукционных процессов и динамики органического вещества в океане // Мор. гидрофиз. исследования. 1976. Т. 74. № 3. С. 116–124.
- Aller R.C., DeMaster D.J.* Estimates of particle flux and reworking at the deep-sea floor using $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ disequilibrium // Earth Planet. Sci. Lett. 1984. V. 67. P. 308–318.
- Anderson R.F., Schiff S.L., Hesslein R.H.* Determining sediment accumulation and mixing rates using ^{210}Pb , ^{137}Cs , and other tracers: problems due to postdepositional mobility and coring artefacts // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1987. № 44. P. 231–250.
- Buesseler K.O.* Do upper-ocean sediment traps provide an accurate record of particle flux? // Nature. 1991. № 353. P. 420–423.
- Buesseler K.O., Bacon M.P., Cochran J.K., Livingston H.D.* Carbon and nitrogen export during the JGOFS North Atlantic Bloom Experiment estimated from ^{234}Th : ^{238}U disequilibria // Deep-Sea Res. 1992. V. 39. № 7–8. P. 1115–1137.
- Cochran K.J., Buesseler K.O., Bacon M.P., Livingston H.D.* Thorium isotopes as indicators of particle dynamics in the upper ocean: results from the JGOFS North Atlantic Bloom Experiment // Deep-Sea Res. 1993. V. 40. № 8. P. 1569–1595.
- Gerino M., Aller R.C., Lee C. et al.* Comparison of different tracers and methods used to quantify bioturbation during a spring bloom: $^{234}\text{thorium}$, luminophores and chlorophyll *a* // Estuarine, Coastal Shelf Sci. 1998. V. 46. № 4. P. 531–547.
- Gulin S.B.* Seasonal changes of ^{234}Th scavenging in surface water across the western Black Sea: an implication of the cyclonic circulation patterns // J. Environ. Radioact. 2000. V. 51. № 3. P. 335–347.
- Gulin S.B.* ^{234}Th -based measurements of particle flux in surface water of the Bransfield Strait, western Antarctica // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2014. V. 299. № 1. P. 819–825.
- Gulin S.B., Aarkrog A., Polikarpov G.G. et al.* Chronological study of ^{137}Cs input to the Black Sea deep and shelf sediments // Radioprotection. 1997. V. 32. № C2. P. 257–262.
- Gulin S.B., Gulina L.V., Sidorov I.G. et al.* ^{40}K in the Black Sea: a proxy to estimate biogenic sedimentation // J. Environ. Radioact. 2014. V. 134. P. 21–26.
- Gulin S.B., Polikarpov G.G., Egorov V.N. et al.* Radioactive contamination of the north-western Black Sea sediments // Estuarine, Coastal Shelf Sci. 2001. V. 54. № 3. P. 541–549.
- Nittrouer C.A., DeMaster D.J., McKee B.A. et al.* The effect of sediment mixing on Pb-210 accumulation rates for the Washington continental shelf // Mar. Geol. 1984. V. 54. P. 201–221.
- Polikarpov G.G., Gulin S.B., Krivenko O.V. et al.* Study of suspended matter and nutrients sedimentation with thorium-234 as radiotracer in the western Black Sea (during various seasons in 1992) // Докл. НАН Украины. 1994. № 2. С. 145–149.
- Rutgers van der Loeff M., Sarin M., Baskaran M. et al.* A review of present techniques and methodological advances in analyzing ^{234}Th in aquatic systems // Mar. Chem. 2006. V. 100. P. 190–212.
- Santschi P.H., Guo L., Asbill S. et al.* Accumulation rates and sources of sediments and organic carbon on the Palos Verdes shelf based on radioisotopic tracers (^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{210}Pb , ^{234}Th , ^{238}U and ^{14}C) // Mar. Chem. 2001. V. 73. P. 125–152.
- Waples J.T., Benitez-Nelson C., Savoye N. et al.* An introduction to the application and future use of ^{234}Th in aquatic systems // Mar. Chem. 2006. V. 100. P. 166–189.
- Wei C.-L., Murray J.W.* $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ disequilibria in the Black Sea // Deep-Sea Res. 1991. V. 38. Suppl. № 2. P. 855–873.

Seasonal Dynamics of Biosedimentation and Primary Production in Sevastopol Bay: Assessment of Relationship using ^{234}Th and ^{40}K

S. B. Gulin^a, I. G. Sidorov^a, and V. N. Popovichev^a

^a*Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol 299011, Russia*

The seasonal dynamics of biogenic sedimentation in Sevastopol Bay, Black Sea, was studied using thorium-234 (^{234}Th) as a natural radiotracer. The percentage content of biogenic particulate matter in bottom sediments was determined based on the ^{40}K radionuclide according to the previously developed method. Two major maxima of the rate of bottom sedimentation have been recorded: in April–June and in the second half of summer. In the former case, the peak can apparently be attributed to a more intensive flux of terrigenous particulate matter in spring; in the latter case, to high values of phytoplankton primary production in late summer. The results obtained by applying this method provide a more accurate estimate of the mean annual biosedimentation rate, which is required to calculate deposition fluxes of biogenic matter and pollutants to bottom sediments of coastal waters.

Keywords: biosedimentation, thorium-234, Black Sea, Sevastopol Bay