

УДК: 628.193:546.49:551.35

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ
ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И РТУТИ В ДОННЫХ ОСАДКАХ
ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА¹**

© 2019 г. Л. В. Малахова^{1,*}, В. Н. Егоров¹, С. Б. Гулин, Т. В. Малахова¹,
И. Н. Мосейченко¹

¹Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН

Россия 299011 Севастополь

*e-mail: malakh2003@list.ru

Поступила в редакцию 10.03.2017 г.

После доработки 21.06.2017 г.

Принята к публикации 29.06.2017 г.

Исследовано накопление хлорорганических соединений и ртути в донных отложениях Чернореченского водохранилища с середины 1960-х до 2008 г. Методом радиоизотопного датирования восстановлены годы накопления донных осадков и определена скорость осадконакопления. Выявлена неравномерность скорости осадконакопления в водохранилище, связанная с изменением его объема и площади в конце 1980-х гг. Проведена реконструкция поступления хлорорганических соединений и ртути в грунты за последние 50 лет. Выявлен период значительной загрязненности донных отложений водохранилища ДДТ и ртутью, соответствующий 1950–1960 гг. Определено пространственное распределение хлорорганических соединений и ртути в верхнем 5-сантиметровом слое донных отложений Чернореченского водохранилища. Оценены потоки поступления хлорорганических соединений и общей ртути в донные осадки в 2008 г.

Ключевые слова: Чернореченское водохранилище, радиоизотопное датирование донных отложений, ДДТ, ПХБ, ртуть.

DOI: 10.31857/S0321-0596464417-423

Чернореченское водохранилище — искусственный водоем — находится на территории заказника “Байдарская долина” (рис. 1). Вода в него поступает из истока р. Черной, при таянии снега и в виде дождевых осадков. Водохранилище введено в эксплуатацию в 1956 г. для обеспечения водохозяйственных потребностей г. Севастополя. Плотины высотой 28 м позволяла аккумулировать 33.2 млн м³ речных вод. В 1977–1984 гг. плотину нарастили, и ее максимальная высота достигла 36 м, при этом полный объем водохранилища составил 64.2 млн м³ при площади водного зеркала 6.04 км², ширине 3.55 км, длине 3.45 км, средней и максимальной глубине 10.7 и 31 м соответственно [13].

Основными источниками загрязнения в истоке р. Черной являются атмосферные осадки и смыв с территории водосборного бассейна площадью ~200 км² [1], стоки с сельхозугодий,

приусадебных участков, сбросы неканализованных сточных вод населенных пунктов Россюшанка, Новобобровское, Передовое, Родниковское, расположенных в зоне санитарной охраны Чернореченского водохранилища (рис. 1).

Мониторинг химического состава воды водохранилища довольно подробно проводился в период 1991–2004 гг. [1, 7]. Установлено, что отсутствие прямого техногенного влияния на водосборный бассейн во многом определяет высокие показатели качества воды в водохранилище [1]. Однако наблюдениями не были охвачены все годы использования водохранилища с начала запуска его первой очереди в 1956 г., не изучалась загрязненность акватории хлорорганическими соединениями (ХОС) и ртутью.

Важнейший источник ретроспективной информации об экосистеме водохранилища — данные о состоянии донных отложений (ДО), поскольку состав толщи грунтов позволяет оценить процессы, проходящие в момент их форми-

¹ Работа выполнена по теме НИРИМБИ № АААА-А18-118020890090-2.



Рис. 1. Картограмма территории отбора проб ДО в Чернореченском водохранилище в сентябре 2008 г.: 1 — точки отбора проб с порядковыми номерами; 2 — автомобильная трасса вокруг водохранилища; 3 — поселки; 4 — русла рек; 5 — русло пересыхающей реки; 6 — высота над уровнем моря.

рования, в том числе хронологию накопления загрязняющих веществ. Известно, что за первые 40 лет эксплуатации Чернореченского водохранилища накопление ДО проходило довольно интенсивно, за счет чего его объем уменьшился на 2.5% от начального [13].

ХОС и ртуть относятся к наиболее опасным загрязнителям водной среды [9, 11]. Несмотря на то, что производство стойких ХОС в настоящее время прекращено, их широкое применение до конца 1990-х гг. в сельском хозяйстве и промышленности и устойчивость к разложению способствовали их повсеместному распространению в окружающей среде и продолжающемуся отрицательному воздействию на все ее компоненты. Гидрофобные поллютанты, какими являются ХОС, при поступлении в водоемы сорбируются на частицах взвеси и осаждаются

в ДО. Послойный анализ ДО может служить источником ретроспективы в отношении регионального техногенного загрязнения. Для изучения хронологии процессов осадконакопления широкое применение получили техногенные радионуклиды, используемые в качестве трассеров датировки ДО и оценки седиментационного потока [6, 14, 15].

Цель работы — реконструкция особенностей осадконакопления в Чернореченском водохранилище, выявление в его ДО пространственной и вертикальной дифференциации ХОС и ртути и оценка уровней их содержания по сравнению с существующими нормативами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробоотбор ДО в Чернореченском водохранилище проводили в сентябре 2008 г. на станциях 1–5 (рис. 1; табл. 1) с помощью трубчатого пробоотборника гравитационного типа длиной 1 м, позволяющего отбирать керны грунтов с ненарушенной структурой. На всех станциях отобраны пробы ДО верхнего 5-сантиметрового слоя. Кроме этого, для ретроспективного анализа на ст. 3 взяли несколько колонок грунта длиной ~20 см. После извлечения керны разделяли с помощью поршневого экструдера на слои толщиной 1 см для дальнейшего анализа. Сразу после разделения и отбора аликвот сырых проб для определения ДО сушили при температуре 40–50°C, определяя естественную влажность ДО.

Для проведения геохронологических оценок в слоях грунтов измеряли содержание ^{137}Cs с использованием полупроводникового гамма-детектора ORTEC GMX-10 (США), выполненного на основе кристалла сверхчистого германия. Калибровку детектора осуществляли с помощью эталонных образцов ДО IAEA-315, выпускаемых МАГАТЭ для международной стандартизации радиометрических измерений. Содержание радионуклидов в ДО рассчитано на сухой вес ДО, а статистическая погрешность гамма-спектрометрических измерений рассчитана по величине одного стандартного отклонения от средних

Таблица 1. Координаты и глубины станций отбора проб ДО Чернореченского водохранилища в сентябре 2008 г.

Параметр	Номер станции				
	1	2	3	4	5
Координаты	44°28.420 с.ш. 33°50.124 в.д.	44°28.159 с.ш. 33°50.831 в.д.	44°28.805 с.ш. 33°48.521 в.д.	44°29.309 с.ш. 33°48.518 в.д.	44°29.040 с.ш. 44°49.165 в.д.
Глубина, м	8	7.5	18	12	8.5

значений с учетом уровня внешнего радиоактивного фона и точности измерения стандартных образцов, использованных для определения эффективности детекторов [6].

Общую ртуть определяли методом непламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. Подготовку и анализ проб проводили по методике, описанной в [12]. Концентрацию ртути измеряли на анализаторе «Юлия-2» с чувствительностью 1×10^{-3} мкг.

Для определения ХОС применяли газохроматографический метод [5]. Концентрацию ХОС измеряли на газовом хроматографе с детектором электронного захвата и капиллярной колонкой. В пробах определяли шесть индикаторных конгенов ПХБ – 28, 52, 101, 138, 153, 180 (наименования даны по номенклатуре IUPAC) и такие ХОП, как п,п'-ДДТ и его метаболиты п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД (далее ДДТ, ДДЭ и ДДД). Для калибровки прибора применяли стандартные растворы шести вышеобозначенных конгенов ПХБ фирмы «Supelco» и стандартные растворы хлорпестицидов ХОП-5, которые включали ДДТ и его метаболиты. Концентрация ртути и ХОС представлена на сухую массу ДО.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поверхностные слои ДО водохранилища на ст. 1, 2, 4 и 5 представлены песчанистыми илами, а на ст. 3 — илами. На ст. 1 и 3 ДО дифференцированы на слои, различающиеся по цвету. Верхние 5 см представлены рыже-коричневым илом, указывающим на окислительные условия. Глубже четко выделялись слои серого и темно-серого ила (рис. 2а). Такой цвет ДО, как правило, встречается при отрицательном окислительно-восстановительном потенциале ДО [2].

ДО в верхнем слое на ст. 1 и 4, а на ст. 3 по всей толщине керна характеризовались высокими значениями влажности ($>59\%$), что свидетельствовало о преобладании в них тонкодисперсных фракций [3]. В распределении влажности на всех станциях имелся явно выраженный тренд понижения от верхних слоев к нижним (рис. 2б).

Во всех пробах ДО обнаружены ХОС, среди которых преобладали пестицид ДДТ и его метаболиты (ДДЭ и ДДД) и ртуть. Суммарное содержание ДДТ и метаболитов (Σ ДДТ) в среднем в пять раз больше, чем сумма концентраций конгенов ПХБ (Σ ПХБ) (табл. 2, 3).

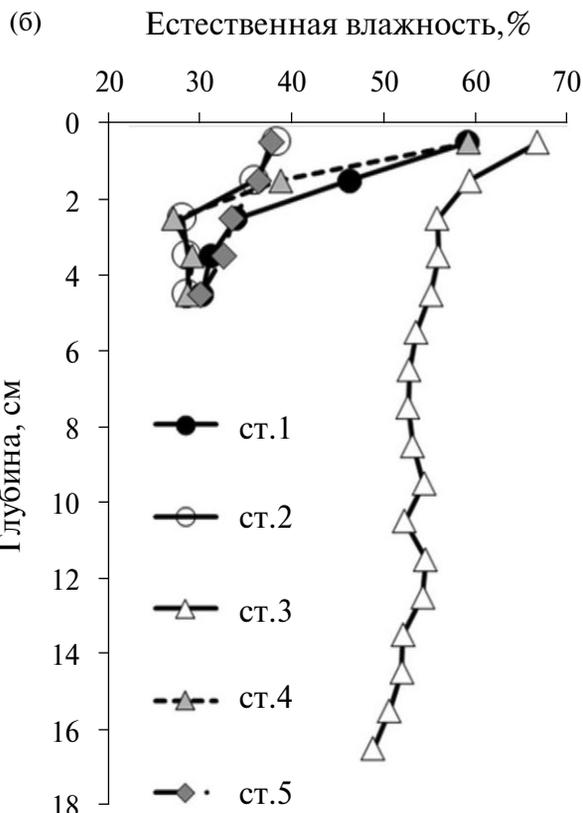


Рис. 2. Фото колонки ДО, отобранной на ст. 3 (а), величина естественной влажности слоев ДО (б) на ст. 1–5 Черноморского водохранилища в сентябре 2008 г.

Таблица 2. Средняя концентрация ХОС и общей ртути (нг/г сухой массы) в слое 0–5 см ДО Чернореченского водохранилища в сентябре 2008 г.

Загрязняющие вещества	Номер станции					Среднее
	1	2	3	4	5	
ПХБ 28	-*	-	-	-	0.23	-
ПХБ 52	-	-	-	-	0.13	-
ПХБ 101	0.11	-	0.09	-	0.45	0.22
ПХБ 138	0.10	0.09	0.16	0.44	0.33	0.22
ПХБ 153	0.24	0.18	0.27	0.58	0.49	0.35
ПХБ 180	0.18	0.10	0.13	0.18	0.27	0.19
ΣПХБ	0.63	0.37	0.65	1.20	1.90	0.97
п,п'-ДДЭ	3.11	3.30	1.43	3.01	1.21	2.41
п,п'-ДДД	2.16	2.14	1.32	3.09	1.72	2.08
п,п'-ДДТ	0.97	1.03	0.61	1.01	0.75	0.87
ΣДДТ	6.23	6.46	3.36	7.10	3.68	5.37
(ДДЭ+ДДД)/ДДТ	5.5	5.3	4.6	6.1	3.9	5.2
Общая ртуть	9.36	5.85	8.63	8.68	8.07	8.12

* Не обнаружено.

Таблица 3. Потоки ХОС и ртути в ДО Чернореченского водохранилища

Загрязняющее вещество	Средняя концентрация в слое 0–5 см, нг/г сухой массы	Поток, мкг/м ² в год	Поток в пересчете на всю площадь, г
ΣДДТ	5.31	5.09	30.7
ΣПХБ	0.66	0.63	3.8
Общая ртуть	8.12	7.78	47.0

В пространственном отношении ХОС распределены неравномерно. В поверхностном слое ДО отмечены различия концентрации ΣДДТ в 2 раза. Повышенное содержание ΣДДТ обнаружено на станциях 1, 2 и 4. Содержание ПХБ варьировало в более широком диапазоне — до 5 раз, наибольшие концентрации ΣПХБ наблюдались на ст. 4 и 5.

Качественный состав ДДТ во всех пробах представлен как исходным пестицидом, так и его метаболитами (табл. 2). Относительная доля метаболитов на всех станциях составила 84%. Отношение суммы метаболитов к ДДТ в ДО водохранилища оказалось существенно выше единицы, что указывает на то, что прошел довольно длительный отрезок времени с момента поступления п,п'-ДДТ в водоем, так как период его полураспада в ДО составляет 15–20 лет [4, 8].

В составе ПХБ на всех станциях обнаружены гексахлорбифенилы 138 и 153 и гептахлорбифенил 180, их относительное содержание на ст. 2 и 4 составило 100, в среднем — 77%. На ст. 5 определены также три-, тетра- и пентахлорбифенилы 28, 52 и 101 соответственно.

В Российской Федерации для содержания ХОС в ДО существуют только региональные нормативы временного характера [10], где для ДДТ и метаболитов установлен безопасный уровень в 2.5 нг/г, а концентрации в интервале от 2.5 до 10 нг/г характеризуют ДО как слабозагрязненные. Согласно этим нормативам, верхние горизонты ДО Чернореченского водохранилища, в которых содержание ΣДДТ не превышало 10 нг/г, можно отнести к слабозагрязненным. В отношении конгенов ПХБ ДО классифицируются как незагрязненные, поскольку их концентрация не превышала безопасного уровня, составляющего 4 нг/г [10].

Средняя концентрация ртути в пробах поверхностного слоя (0–5 см) ДО Чернореченского водохранилища менялась от 5.85 нг/г на ст. 2 до 9.36 нг/г на ст. 1, составляя в среднем 8.12 нг/г. Сравнение с фоновыми концентрациями в ДО рек, пресноводных озер и морских шельфовых ДО показало, что концентрация ртути составляла ~10% от максимального фонового уровня, составляющего 100 нг/г [11], что свидетельствует об отсутствии на водосборе водохранилища источников ртути в современный период.

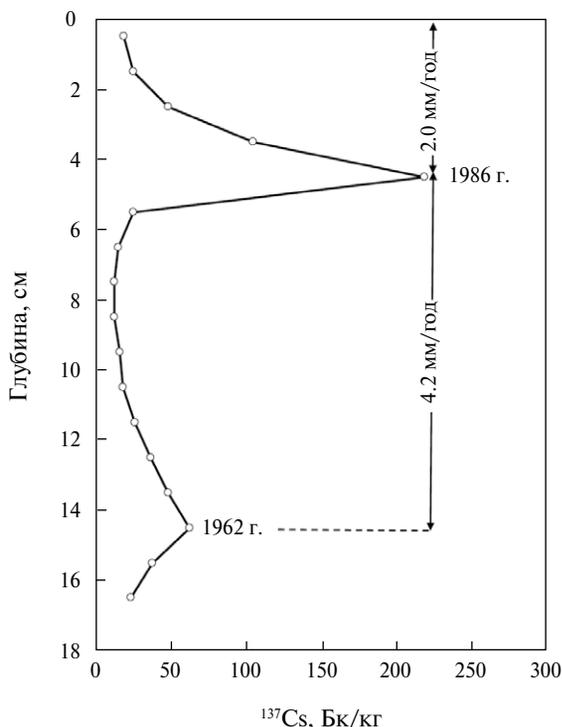


Рис. 3. Вертикальное распределение ¹³⁷Cs в ДО Чернореченского водохранилища (ст. 3).

На ст. 3 изучено вертикальное распределение ¹³⁷Cs, которое показало наличие двух подповерхностных максимумов в слоях 4.5 и 14.5 см (рис. 3). Такое распределение ¹³⁷Cs в ДО водоемов обусловлено залповыми выпадениями радионуклидов после наиболее активных атмосферных испытаний ядерного оружия в 1962 г. (нижний максимум) и в результате аварии на Чернобыль-

ской АЭС в 1986 г. (верхний максимум). Исходя из слоя залегания максимального содержания чернобыльского ¹³⁷Cs (4.5 см), можно рассчитать, что средняя скорость осадконакопления в исследованном районе Чернореченского водохранилища за 22-летний период, прошедший после аварии на ЧАЭС, составляла 2 мм/год (рис. 3).

В этом случае при условии неизменной скорости осадконакопления и в дочернобыльский период максимум содержания оружейного ¹³⁷Cs должен залегать на глубине ~9 см (или выше, учитывая гравитационное уплотнение ДО). В настоящем случае он обнаружен значительно глубже — в слое 14–15 см (рис. 3).

Это свидетельствует о более высокой скорости осадконакопления (~4.2 мм/год) в период между 1960 и 1980 гг. Наиболее вероятной причиной указанного изменения скорости осадконакопления можно считать двукратное увеличение объема воды Чернореченского водохранилища в 1977–1984 гг. при почти трехкратном увеличении его площади (с 2.40 до 6.04 км²) за счет наращивания высоты дамбы до современной высоты 36 м [13].

В колонке ДО на ст. 3 также послойно определены ХОС и ртуть (рис. 4). Анализ их вертикального распределения выявил период интенсивного поступления ДДТ, ПХБ и ртути в ДО водохранилища, соответствующие 1950–1960 гг. Увеличение содержания ХОС наблюдалось с 13-сантиметрового слоя разреза, соответствующего

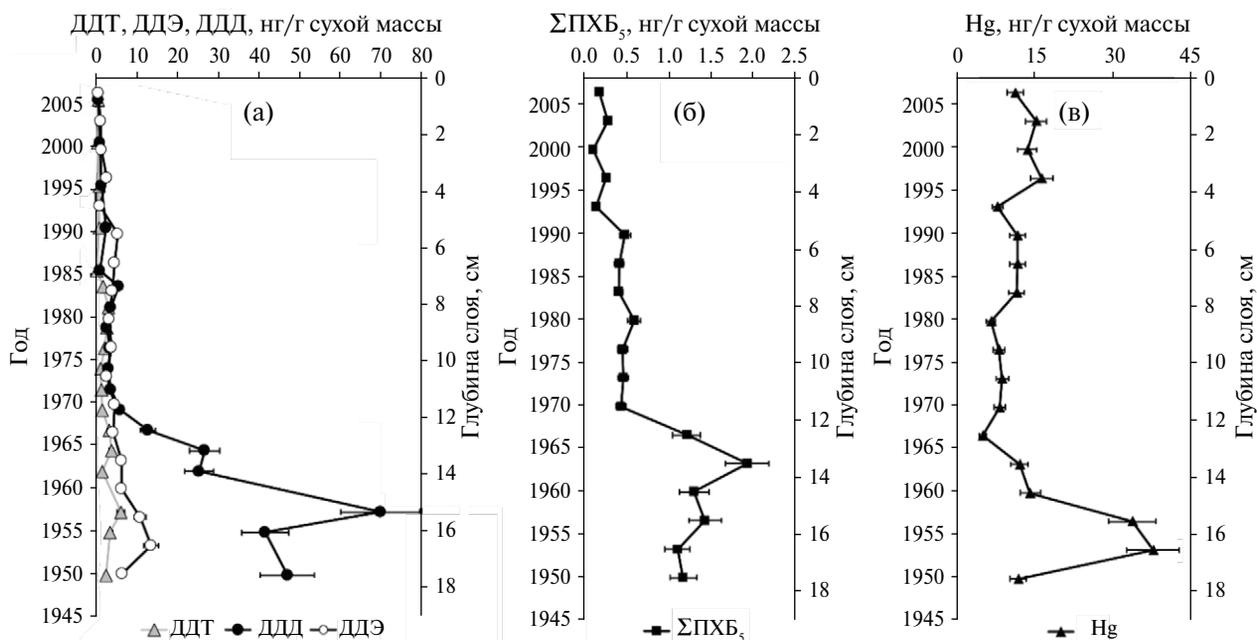


Рис. 4. Вертикальное распределение ДДТ и его метаболитов (а), ПХБ (б) и ртути (в) в ДО Чернореченского водохранилища на ст. 3.

шего 1965 г., и достигало максимума в слое от 15 до 17 см, относящегося к периоду 1950–1956 гг. Среди соединений группы ДДТ наибольшие концентрации, достигающие 70.07 нг/г, наблюдались для ДДД. Содержание как ДДЭ, так и ДДТ в этих горизонтах также было повышенным в десять раз по сравнению с верхними слоями ДО (рис. 4а).

Такое распределение пестицидов с аномально высокими концентрациями в более глубоких слоях грунта, по-видимому, указывает на наличие на водосборе источников пестицидов в момент первичного формирования ДО водохранилища. Источники поступления соединений ДДТ в ДО точно не известны. Важным обстоятельством для их выявления могут быть устные свидетельства жителей близлежащих сел. Из рассказов старожилов поселков Павловка и Подгорное следовало, что в середине XX в. много садов и полей в их районе опыляли дустом (ДДТ). Вероятно, эти районы попали в зону затопления водохранилища, где загрязненная дустом почва со временем была покрыта более чистыми ДО.

При отсутствии промышленности в Байдарской долине концентрация ПХБ в грунтах водохранилища составляла десятые доли от содержания ДДТ, однако профиль распределения ПХБ по глубине (рис. 4б) также выявил снижение в 3 раза поступления ПХБ в ДО с конца 1960-х гг. до 2008 г.

Изменение геохимической обстановки проявилось также в изменении накопления ртути, профиль распределения которой в ДО идентичен профилям ХОС. Отмечалось аномальное увеличение концентрации ртути до 38 нг/г в слоях колонки, датированных серединой 1950-х гг., соответствующих начальному периоду введения водохранилища в эксплуатацию. В верхних слоях, датированных 1960–2008 гг., наблюдалось относительно равномерное распределение ртути (рис. 4в), концентрация которой в среднем составляла 11 нг/г, что, по-видимому, указывает на региональные фоновые значения ртути. Причиной повышенного содержания общей ртути в ДО в 1950-х гг. может быть интенсивное использование в то время в исследуемом районе ртутьсодержащего пестицида гранозана, широко используемого в качестве фунгицида для протравливания семян, а также как гербицида и инсектицида.

На основании средних концентраций загрязняющих веществ в верхних слоях ДО и величины седиментационного потока, который в современный период по радиохронологическим данным составил 958.7 г/м² в год сухой массы,

рассчитано поступление ХОС и ртути в ДО Чернореченского водохранилища.

Как показали результаты исследований, удельный поток ΣДДТ в ДО водохранилища превысил в восемь раз поток ΣПХБ и равен 5.09 мкг/м² в год. При удаленности водохранилища от промышленных предприятий поступление ПХБ определялось в основном атмосферным переносом, а сравнительно повышенный поток ДДТ в ДО свидетельствовал о возможном наличии локальных источников поступления. Невысокий поток общей ртути, по-видимому, определялся региональными фоновыми значениями концентрации тяжелого металла.

ВЫВОДЫ

Определено пространственное распределение ХОС и ртути в верхнем 5-сантиметровом слое ДО Чернореченского водохранилища. Показано, что в отношении ПХБ и ртути ДО незагрязненные, ДДТ — слабозагрязненные. Методом радиоизотопного датирования слоев ДО водохранилища восстановлены годы накопления ДО и определена скорость осадконакопления. Выявлено, что за 52 года существования водохранилища в его центральной части накопилось 17 см ДО. Скорость осадконакопления в период с начала 1960-х до начала 1980-х гг. составляла 4.2 мм/год, а далее геохимическая обстановка изменилась в связи с увеличением площади и объема водохранилища, и скорость накопления ДО уменьшилась до 2 мм/год. Выявлен период интенсивного поступления ДДТ и ртути в ДО водохранилища, соответствующий 1950–1960 гг. Поток ПХБ в пересчете на всю площадь ДО Чернореченского водохранилища в 2008 г. составил 3.8 г. Предполагается, что такое низкое значение потока обусловлено удаленностью водохранилища от промышленных предприятий. Поток ДДТ, превышающий поток ПХБ на порядок, свидетельствовал о том, что на водосборе водохранилища существовали локальные источники пестицида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменко В.М., Ильин Ю.П., Кучеренко В.С., Рябинин А.И., Боброва С.А., Гуцалюк А.Н., Мальченко Ю.А., Салтыкова Л.В. Гидрохимический режим и микроэлементный состав вод Чернореченского водохранилища в 1991–2004 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Сб. науч. тр. МГИ НАН Украины. Вып.12. Севастополь, 2005. С. 129–148.

2. Батоян В.В., Моисеенков О.В. Оценка техногенного воздействия на водохранилище по донным отложениям // Вестн. МГУ. Сер. геогр. 1983. № 3. С. 65–71.
3. Гавшин В.М., Ланухов С.В., Сараев С.В. Геохимия литогенеза в условиях сероводородного заражения (Черное море). Новосибирск: Наука, 1988. 194 с.
4. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Эколого-геохимическая оценка “отпечатков” стойких хлороорганических пестицидов в системе почва — поверхностная вода // Агрехимия. 2008. № 1. С. 52–56.
5. ГОСТ Р 53 217-2008 (ИСО 10 382:2002). Качество почвы. Определение содержания хлороорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов. Газохроматографический метод с электрозахватным детектором. М.: Стандартиформ, 2009. 20 с.
6. Гулин С.Б., Егоров В.Н., Стокозов Н.А., Мирзоева Н.Ю. Определение возраста донных отложений и оценка скорости осадконакопления в прибрежных и глубоководных акваториях Черного моря с использованием природных и антропогенных радионуклидов // Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / Под ред. Поликарпова Г.Г., Егорова В.Н. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 499–518.
7. Ильин Ю.П., Рябинин А.И., Мальченко Ю.А., Боброва С.А., Салтыкова Л.В. Содержание и изменчивость тяжелых металлов и других микроэлементов в поверхностных и подземных водах Крыма // Наук. праці УкрНДГМІ. 2003. Вип. 252. С. 66–72.
8. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкотоксикантов. М.: Химия, 1996. 319 с.
9. Малахов С.Г., Бобовникова Ц.И., Сиверина А.В., Дибцева А.В. Глобальное загрязнение природной среды и биоты хлороорганическими пестицидами и полихлорбифенилами /на примере Байкала и реки Суры // III Междунар. симпоз. “Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы”. Тез. докл. 1986. Т. 2. С. 113–122.
10. Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив. СПб., 1996. 19 с.
11. Петросян В.С. Глобальное загрязнение окружающей среды ртутью и ее соединениями // Россия в окружающем мире. 2006. С. 149–163.
12. Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды. М.: Гидрометеозиздат, 1986. 180 с.
13. Чернореченское водохранилище (водохозяйственный паспорт). Симферополь: Крымниопроект, 1997. 19 с.
14. Anderson R.F., Schiff S.L., Hesslein R.H. Determining sediment accumulation and mixing rates using ²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs, and other tracers: problems due to postdepositional mobility and coring artefacts // Canadian J. Fisheries and Aquatic Sci. 1987. № 44. P. 231–250.
15. Appleby P.G. Sediment records of fallout radionuclides and their application to studies of sediment-water interactions // Water, Air and Soil Pollution. 1991. № 99. P. 573–586.

LONG-TERM DYNAMICS OF THE CONCENTRATIONS OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS AND MERCURY IN THE SEDIMENTS OF THE CHERNORECHENSKOE RESERVOIR

© 2019 L. V. Malakhova^{1,*}, V. N. Egorov¹, S. B. Gulin, T. V. Malakhova¹, I. N. Moseychenko¹

¹The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS,
Sevastopol 299011 Russia

*e-mail: malakh2003@list.ru

Received: 10.03.2017

Revised version received: 21.06.2017

Accepted: 29.06.2017

The accumulation of organochlorine compounds (OCs) and mercury in the sediments of the Chernorechenskoe Reservoir since the mid-1960s to 2008 has been studied. Sedimentation rate and accumulation chronology of recovered sediments were reconstructed by the method of radioisotope dating. The sedimentation rate in the reservoir has been found to vary because of changes in reservoir volume and area in the late 1980s. Historical reconstruction of the input of OCs and mercury into the reservoir sediments in the recent 50 years has been performed. The period of 1950–1960 has been found to show considerable pollution of reservoir sediment by DDT and mercury. The spatial distribution of OCs and mercury has been determined in the top 5-cm layer of sediments in the Chernorechenskoe Reservoir. The deposition rates of OCs and total mercury into sediments in 2008 have been evaluated.

Keywords: Chernorechenskoe Reservoir, radioisotope dating of sediments, DDT, PCB, mercury.

DOI: 10.31857/S0321-0596464417-423