

О.В.Плотицына, А.П.Стецюк, С.Б.Гулин

Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

**СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В СЕВЕРНО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ
И У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА: РЕЗУЛЬТАТЫ 70-ГО РЕЙСА
НИС «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ» (АВГУСТ 2011 Г.)**

Представлены результаты измерений содержания ртути в воде, донных отложениях и гидробионтах Черного моря, проведенных в 70-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в августе 2011 г. Наибольшее загрязнение воды обнаружено в акватории Каркинитского залива, где концентрация ртути в поверхностном слое составила 60 – 80 нг·л⁻¹, что сопоставимо с ее ПДК для морской среды. В верхнем слое донных отложений содержание ртути было наиболее высоким в центральной части северо-западного шельфа (24.95 нг·г⁻¹ в пересчете на сухую массу), что отражает, по-видимому, поступление большого количества взвешенной формы ртути с речным стоком Днепра и Южного Буга.

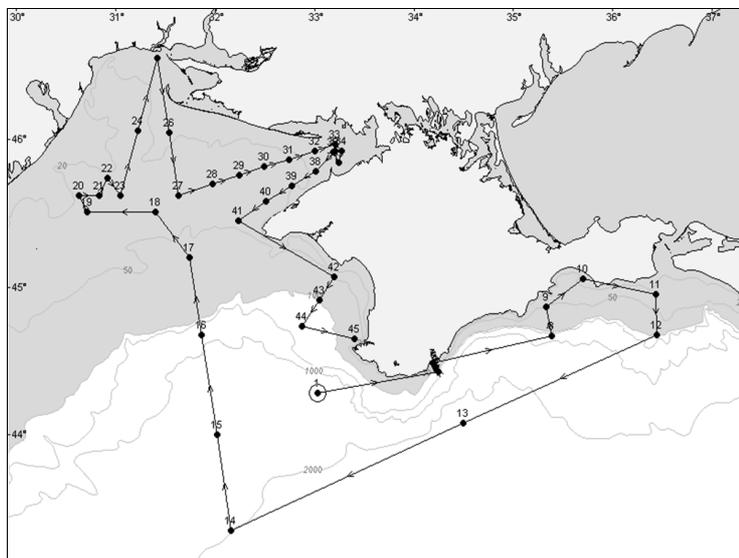
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Черное море, ртуть, вода, донные отложения.*

Ртуть обладает чрезвычайно сильным токсическим воздействием на живые организмы и поэтому представляет наибольшую опасность для морских экосистем. По расчетам, выполненным в [1], в Черном море содержится около 14 тыс. т ртути, в том числе около 840 т находится в наиболее продуктивном 0 – 50 м слое водной толщи. Основными источниками поступления ртути в Черное море являются речные, промышленные и коммунальные стоки, а также судоремонтные и нефтеперерабатывающие предприятия, сельское хозяйство, дампинги коммунально-бытовых и промышленных отходов. В одной толще ртуть сорбируется на взвешенном веществе и в процессе седиментации загрязняет донные отложения. Ухудшение качества воды приводит к изменению численности популяций и промыслового запаса рыб. Кроме того, в результате биологического круговорота ртуть аккумулируется гидробионтами, в некоторых случаях превышая предельно-допустимые концентрации [2].

Одной из основных задач экспедиционных исследований в 70-м научном рейсе НИС «Профессор Водяницкий» было определение уровней загрязнения ртутью воды, донных отложений и гидробионтов от приустьевой зоны Днепро-Бугского лимана до Керченского пролива. Данная работа являлась составной частью многолетнего мониторинга содержания ртути в биотических и абиотических компонентах экосистемы Черного моря, проводимого в отделе радиационной и химической биологии Института биологии южных морей НАН Украины.

Материал и методика. Маршрут и расположение станций отбора проб в 70-м научном рейсе НИС «Профессор Водяницкий» представлены на рис.1, нумерация и координаты станций, на которых было изучено содержание ртути в воде, донных отложениях и в бентосной водоросли филофора (*Phyllophora sp.*) – в табл.1 – 3 соответственно. Пробы воды и донных осадков отбирались с помощью 10 л пластиковых батометров Нискина, дочерпа-

© О.В.Плотицына, А.П.Стецюк, С.Б.Гулин, 2012



Р и с . 1 . Маршрут и расположение станций отбора проб в 70-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий», 18 – 29 августа 2011 г.

теля «Океан» и акриловой грунтовой трубки с вакуумным затвором соответственно. Сразу после отбора воду консервировали концентрированной азотной кислотой из расчета 10 мл кислоты на 1 л воды. На берегу в лабораторных условиях воду фильтровали через гидрофобные ядерные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. В фильтрате анализировали растворенную, а на фильтрах – взвешенную форму ртути. Сумма взвешенной и растворенной форм составляла общую ртуть в пробах воды. В донных отложениях проводили химическое разложение, входящих в их состав комплексных соединений ртути.

Измерения концентрации ртути осуществляли с помощью метода непламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии по методикам, описанным в [3 – 5], с использованием анализатора «Юлия-2», имеющего чувствительность около $1 \cdot 10^{-3}$ мкг/л. Анализ серии данных показал, что относительная погрешность измерения ртути в воде составила 6,4 %, а во взвешенном веществе и в донных отложениях 13,6 %. Для калибровки прибора и контроля качества анализа использовали аттестационные стандартные образцы ртути. По паспортным данным погрешность массовой концентрации ртути в них равна 1 %. Анализатор ртути прошел метрологическую поверку 14.12.2011 г., свидетельство №15/2-13/1-691-11, действительно до 14.12.2012 г.

В экспедиционных условиях было отобрано 16 проб воды (по 1 л) из них 13 с поверхности и 3 пробы с более глубоких горизонтов, а так же 14 проб донных отложений.

Результаты и обсуждение. Исследования, выполненные в 70-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий», позволили оценить пространственное распределение концентрации ртути в водной толще и в поверхностном слое донных отложений от Днепро-Бугского лимана до Керченского пролива. Результаты измерений представлены в табл.1 – 3. Они показали, что концент-

Таблица 1. Содержание ртути в водной толще Черного моря (70-й рейс НИС «Профессор Водяницкий», август 2011 г.).

№ ст.	с.ш.	в.д.	глубина, м	горизонт, м	общая Hg, нг/л	взвеш. Hg, нг/л	раствор. Hg, нг/л
3	44°26.50'	34°13.84'	87	0	2,40	2,40	0
9	44°52.10'	35°19.90'	51	0	3,21	3,21	0
11	44°57.04'	36°26.01'	36	0	3,04	3,04	0
14	43°21.00'	32°09.70'	2040	0	3,99	3,99	0
14	43°21.00'	32°09.70'	2040	20	3,66	3,66	0
14	43°21.00'	32°09.70'	2040	40	3,54	3,54	0
14	43°21.00'	32°09.70'	2040	60	4,16	4,16	0
16	44°40.70'	31°51.70'	698	0	1,47	1,47	0
18	45°30.30'	31°24.00'	46	0	4,37	4,37	0
19	45°30.30'	30°43.00'	38	0	3,60	3,60	0
25	46°26.84'	31°23.05'	14	0	14,08	4,08	10
26	46°02.90'	31°32.07'	20	0	51,11	1,11	50
27	45°37.20'	31°38.10'	45	0	3,38	3,38	0
30	45°46.60'	32°14.40'	31	0	82,65	2,65	80
32	45°55.26'	33°00.02'	12	0	63,46	3,46	60
42	45°09.18'	33°06.90'	40 – 50	0	31,08	1,08	30

рация ртути в воде изменялась от 2,40 до 82,65 нг·л⁻¹. В северо-западной части Черного моря, на ст.25 и 26 концентрация ртути было 14,08 и 51,11 нг·л⁻¹ соответственно. Наиболее высокое содержание ртути в воде отмечено в Каркинитском заливе, где преобладают техногенные сбросы от химических производств и стоки с рисовых чеков 82,65 нг·л⁻¹ на ст.30 и 63,46 нг·л⁻¹ на ст.32. Вместе с тем, эти значения не превышали ПДК для содержания ртути в воде рыбохозяйственных водоемов (100 нг·л⁻¹) [6]. Кроме того, было отмечено повышенное содержание ртути в воде (31,08 нг·л⁻¹) вблизи Евпатории, значительно превышающее таковое, например, у Южного берега Крыма (от 2,4 до 3,21 нг·л⁻¹).

Таким образом, среди исследованных районов Черного моря наиболее загрязненной оказалась акватория Каркинитского залива. Вместе с тем, содержание ртути в бурой водоросли филлофора (*Phyllophora*), обитающей в этом заливе (около 0,8 нг·г⁻¹ сырой массы или 5,1 нг·г⁻¹ в пересчете на сухую массу, ст.34), было существенно ниже фоновых величин, установленных для макрофитов (40 – 60 нг·г⁻¹ сухой массы). Причем, в районе т.н. «большого филлофорного поля» (ст.21), загрязненность этой водоросли ртутью была в 3,5 раза выше, чем в Каркинитском заливе. Также, содержание ртути в поверхностном 5 см слое донных отложений было наиболее высоким на ст.27 (24,95 нг·г⁻¹ в пересчете на сухую массу), т.е. за пределами акватории Каркинитского залива, отражая, по-видимому, поступление большого количества взвешенной формы ртути с речным стоком Днепра и Южного Буга.

Выводы. В результате исследований, проведенных в 70-м рейсе НИС

Т а б л и ц а 2. Содержание ртути в поверхностном 0 – 5 см слое донных отложений Черного моря (70-й рейс НИС «Профессор Водяницкий», август 2011 г.).

№ ст.	с.ш.	в.д.	глубина, м	сыр. вес, нг/г	сух. вес, нг/г
6	44°28.57'	34°12.09'	54	7,90	9,48
10	45°03.18'	35°41.81'	22	7,80	6,21
11	44°57.04'	36°26.01'	36	5,38	9,70
21	45°37.20'	30°50.00'	35	2,73	–
27	45°37.20'	31°38.10'	45	10,13	24,95
30	45°46.60'	32°14.40'	31	6,05	12,87
31	45°51.91'	32°44.36'	26	2,04	3,80
32	45°55.26'	33°00.02'	12	2,85	2,85
34	45°55.37'	33°16.21'	11	0,79	–
38	45°47.02'	33°01.01'	19	2,82	3,54
39	45°39.52'	32°44.61'	27	1,61	2,87
40	45°33.69'	32°29.16'	36	1,94	7,66
42	45°09.18'	33°06.90'	40 – 50	1,90	3,74

Т а б л и ц а 3. Содержание ртути в черноморской красной водоросли филлофоре (70-й рейс НИС «Профессор Водяницкий», август 2011 г.).

№ ст.	с.ш.	в.д.	глубина, м	сырой вес, нг/г
21	45°37.20'	30°50.00'	35	2,73
34	45°55.37'	33°16.21'	11	0,79

«Профессор Водяницкий» (август 2011 г.) определены уровни загрязнения ртутью поверхностного слоя водной толщи, донных отложений и гидробионтов Черного моря.

Наибольшее загрязнение воды обнаружено в акватории Каркинитского залива, где концентрация ртути в поверхностном слое составила 60 – 80 нг·л⁻¹, что сопоставимо с ПДК, установленной для этого высокотоксичного химического элемента (100 нг·л⁻¹).

В верхнем слое донных отложений содержание ртути было наиболее высоким в центральной части северо-западного шельфа (24,95 нг·г⁻¹ в пересчете на сухую массу), т.е. за пределами акватории Каркинитского залива, отражая, по-видимому, поступление большого количества взвешенной формы ртути с речным стоком Днепра и Южного Буга.

Обнаруженные в данной работе высокие уровни содержания и неоднородный характер распределения ртути в Черном море требуют проведения дальнейших более детальных исследований в системе регулярного хемотрологического мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров В.Н., Поликарпов Г.Г., Светашева С.К. Загрязнение Черного моря ртутью с речным стоком и способность его вод к самоочищению в результате протекания биохимических циклов // Междунар. конф. «Оценка расположен-

ных на суше источников загрязнения морей, омывающих государства СНГ.– Севастополь, 1992.– С.61-62.

2. *Светашева С.К., Егоров В.Н., Гулин М.Б., Жерко Н.В.* Трансформация физико-химических форм ртути и её распределение в аэробной и анаэробной зонах Черного моря // Молисмология Черного моря.– Киев: Наукова думка, 1992.– С.108-122.
3. *Игошин А.М., Богусевич Л.Н.* Беспламенный атомно-абсорбционный метод определения ртути в воде // Гидрохимические материалы.– 1969.– т.47.– С.150-156.
4. *Прокофьев А.К.* Химические формы ртути, кадмия и цинка в природных водных средах // Успехи химии.– М.: Наука, 1981.– № 1.– С.54-84.
5. *Колориметрический метод определения ртути в морской воде, морских взвешках, биообразцах и грунтах // Методики анализа морских вод.– Л.: Гидрометеоздат, 1981.– С.102-105.*
6. *Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов.– М.: Медикор, 1995.– 220 с.*
7. *Костова С.К., Поповичев В.Н.* Распределение ртути в акватории черноморского побережья Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002.– вып.1(6).– С.118-127.
8. *Прокофьев А.К.* Химические формы ртути, кадмия и цинка в природных водных средах // Успехи химии.– 1981.– № 1.– С.54-84.

Материал поступил в редакцию 13.10.2012 г.

АНОТАЦІЯ. Представлено результати вимірювань вмісту ртуті у воді, донних відкладеннях і гідробіонтах Чорного моря, проведених в 70-му рейсі НДС «Професор Водяницький» в серпні 2011 р. Найбільше забруднення води виявлено в акваторії Каркінітської затоки, де концентрація ртуті в поверхневому шарі склала 60-80 нг·л⁻¹, що порівняно з її ГДК для морського середовища. У верхньому шарі донних відкладень вміст ртуті був найбільш високим в центральній частині північно-західного шельфу (24.95 нг·г⁻¹ в перерахунку на суху масу), що відображає, мабуть, надходження великої кількості зваженої форми ртуті з річковим стоком Дніпра і Південного Бугу.

ABSTRACT. The results of measurements of mercury concentration in the Black Sea waters, bottom sediments and biota, which were carried out during the 70th cruise of RV "Professor Vodyanitsky" in August 2011, are presented. The highest levels of mercury contamination of the surface seawater were found in Karkinitzkiy Gulf, where concentration of mercury was of 60 – 80 ng·l⁻¹, which is comparable with its MAC for seawaters. Higher concentration of mercury in the surface layer of sediments was observed within the centre of north-western shelf area (24.95 ng·g⁻¹, dry weight), suggesting presumably the input of great amount of particulate mercury with runoff from the Dnepr and Southern Bug rivers.