

Астраханский вестник экологического образования, номер 4 (46), год: 2018,
страницы: 28-34

<https://elibrary.ru/item.asp?id=35370181>

УДК 504.064.36

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ СЕВЕРО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Петреченкова Валерия Геннадьевна, Радованова Ирина Григорьевна

Каспийский морской научно-исследовательский центр

petrechenkova.va@mail.ru, irinarad2018@mail.ru

Каспийское море; загрязнение вод; тяжелые металлы; ПДК.

В статье использованы данные, полученные при осуществлении комплексных экологических исследований и производственного экологического мониторинга на акватории Каспийского моря в 2013-2016 гг. Целью работы является оценка уровня загрязнения морских вод тяжелыми металлами в северо-западной части Каспийского моря в этот период. В ходе исследования выявлено, что содержание тяжелых металлов преобладало в поверхностном слое, а также прослеживается тенденция увеличения средней концентрации тяжелых металлов от 2013 к 2016 гг.

УДК 504.064.36

HEAVY METALS IN WATER OF THE NORTH-WESTERN PART THE CASPIAN SEA

Valeriya Petrechenkova, Irina Radovanova
Caspian Marine Scientific Research Center

petrechenkova.va@mail.ru, irinarad2018@mail.ru

Caspian Sea, water pollution, heavy metals, MAC

The study is based on the in-situ data obtained in the course of integrated environmental research and industrial environmental monitoring in the Caspian Sea in 2013-2016. The research objective is to analyze the level of pollution by heavy metals in the marine environment of the north-western part of the Caspian Sea during the period under study. The study shows that most metals were concentrated in surface water layer more than in the bottom layer. The tendency to increase in average metal concentrations from 2013 to 2016 was revealed. However, water quality in this part of the Caspian Sea was classified according to metal pollution index as "clean" and "very clean" for the whole period under study.

Тяжелые металлы отличаются от других загрязнителей тем, что они практически всегда обнаруживаются в водах Каспия, а в результате химико-биологических процессов многократно проходят через организмы водных животных и растений [2]. В группу наиболее распространенных тяжелых металлов, входят марганец, никель, цинк, железо, кадмий, свинец, медь и их соли, характеризующиеся длительным сохранением и накоплением в воде, донных отложениях и гидробионтах [4].

В период 2013-2016 гг. в пробах воды, отобранных в северо-западной части Каспийского моря, превышение ПДК для тяжелых металлов было зарегистрировано только у меди (единичные случаи) и ртути. Концентрации остальных загрязнителей не выходили за пределы предельно-допустимых значений. Концентрация меди в исследуемый период изменялась в пределах: в поверхностном слое – от 0,59 до 5,69 мкг/л при средней 2,48 мкг/л; в придонном слое – от 0,50 до 7,06 мкг/л при средней 2,26 мкг/л (табл.1).

Как видно из таблицы 1, более высоким содержанием меди отличается придонный слой, но в среднем значении содержание меди в воде северо-западной части Каспийского моря не превышало ПДК.

Довольно часто встречались хоть и незначительные, но превышения ПДК у ртути как в поверхностном, так и придонном слоях (табл.1). Однако, средняя концентрация ртути на исследуемом участке была ниже ПДК и составила 0,07 и 0,06 мкг/л для поверхностного и придонного горизонтов соответственно.

Таким образом, в северо-западной части Каспийского моря исследуемый период не отличался экстремальными превышениями ПДК как у меди, так и у ртути. По остальным тяжелым металлам не было выявлено ни одного случая превышения ПДК.

Таблица 1

Концентрация тяжелых металлов в воде (мкг/л) в северо-западной части Каспийского моря в период 2013-2016 гг.

Металлы	ПДК	Диапазон		Среднее		СКО	
		пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно
Fe	50	0,90-40,0	0,50-43,3	9,85	9,84	7,82	8,68
Zn	50	1,38-16,7	1,07-21,4	6,12	6,47	2,46	3,15
Ni	10	0,70-7,36	0,23-6,31	1,85	1,70	0,95	0,95
Co	5	0,01-0,29	0,01-0,31	0,10	0,10	0,05	0,05
Cu	5	0,59-5,69	0,50-7,06	2,48	2,26	1,21	1,13
Hg	0,1	0,01-0,16	0,01-0,17	0,07	0,06	0,03	0,03
Cd	10	0,10-0,89	0,10-0,86	0,33	0,34	0,15	0,15
Pb	10	0,70-4,71	0,70-5,56	1,98	1,95	0,69	0,80
Mn	50	1,30-18,3	0,70-31,8	6,24	5,77	2,68	3,42

Для оценки загрязненности среды металлами часто используется индекс загрязненности (MPI – metal pollution index), который рассчитывается по формуле [7]:

$$MPI = (C_{m_1} / S_{m_1} + C_{m_2} / S_{m_2} + \dots + C_{m_n} / S_{m_n})$$

где C_{m_n} – концентрация n-го металла, S_{m_n} – его ПДК, n – количество металлов.

В соответствии с классификацией загрязненности среды металлами по индексу MPI, приведенной в [7], выделяются шесть классов вод – от «чистой» до «чрезвычайно грязной» (табл.2)

Таблица 2

Классификация загрязненности водной среды тяжелыми металлами [7]

Величина MPI	Класс	Описание
≤ 0,3	I	очень чистая
0,3-1,0	II	чистая
1,0-2,0	III	средне-загрязненная
2,0-4,0	IV	загрязненная
4,0-6,0	V	грязная
> 6,0	VI	чрезвычайно грязная

Индексы MPI, рассчитанные для вод северо-западной части Каспийского моря в период 2013-2016 гг., и соответствующие им классы загрязненности приведены в табл.3

Таблица 3

Оценка загрязненности вод западной части Северного Каспия тяжелыми металлами.

Период	Горизонт	MPI		Класс [7]
		Диапазон	Среднее	
2013	пов.	0,08-0,27	0,15	I
	дно	0,09-0,27	0,16	I
2014	пов.	0,10-0,31	0,18	I-II (I)
	дно	0,10-0,30	0,18	I
2015	пов.	0,12-0,35	0,25	I-II (I)
	дно	0,12-0,38	0,24	I-II (I)
2016	пов.	0,14-0,38	0,27	I-II (I)
	дно	0,12-0,38	0,25	I-II (I)

В целом, по содержанию ТМ воды северо-западной части Каспийского моря в 2013-2016 гг. соответствовали уровню чистой и очень чистой акватории. Для сравнения: в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2015 г., средняя концентрация меди (5,2 мкг/л), кадмия (0,24 мкг/л) и свинца (1,2 мкг/л) были немного ниже, чем в северо-западной части Каспийского моря в период 2013-2016 гг., средняя концентрация цинка (9,2 мкг/л) – значительно выше, а средняя концентрация железа (108,4 мкг/л) в 11 раз превышала таковую в северо-западной части Каспийского моря [3].

Необходимо отметить общее снижение содержания большинства ТМ в воде приглубой зоны Северного Каспия по сравнению с периодом 1998-2003 гг. когда в целом, по содержанию тяжелых металлов (за исключением ртути) воды Северного Каспия соответствовали уровню слабозагрязненных акваторий [1].

Межгодовая динамика статистических параметров распределения концентрации металлов в период 2013-2016 гг. представлена в таблице 4.

В абсолютных величинах превышающие ПДК максимальные концентрации меди встречались только в ноябре 2014 года (5,70 мкг/л), в ноябре 2015 года (5,0 мкг/л) и в 2016 году (5,57 мкг/л, 5,60 мкг/л, 4,70 мкг/л).

Так как медь относится к загрязнителям 3 класса опасности и ее превышение было незначительным.

Наибольшее количество превышений ПДК за период 2013-2016 гг. обнаружилось у ртути в 2014-2015 гг. Самая высокая максимальная концентрация ртути была отмечена в 2015 году в придонном слое (0,17 мкг/л). Ртуть является загрязнителем 1-го класса опасности и является высокотоксичным для живых организмов элементом. Окисляясь на воздухе, ртуть образует неорганические соединения, которые попадают в водоемы и почву с дождем, снегом, промышленным и бытовым мусором. Модифицируясь под воздействием бактерий, фитопланктона и грибов, неорганическая ртуть переходит в органические формы, которые накапливаются при прохождении по пищевым цепям и попадают в организм человека с рыбой, морепродуктами и другими продуктами питания [5].

В рамках международной программы ЕМЕР была проведена оценка поступления ртути на акваторию Северного Каспия атмосферными выпадениями [6]. По расчетам принос составляет от 7 до 10 г/км² в год в зависимости от района моря. При этом выпадения в западном секторе исследуемой акватории составляют 7-8 г/км² в год, в восточном – 8-10 г/км². На акваторию Северного Каспия этот металл, в основном, доставляется трансграничным переносом атмосферных масс с территории Казахстана (62% от общей массы переносимых соединений ртути) [6].

В среднем за период 2013-2016 гг. содержание металлов в поверхностном и придонном слоях существенно различалось, преобладая у поверхности (табл.5). Такое распределение, скорее всего, связано с атмосферным переносом, но для более точного вывода необходимы дополнительные исследования.

Соотношение концентраций металлов в поверхностном слое к их концентрациям в придонном, 2013-2016 гг.

Годы	Fe	Zn	Ni	Co	Cu	Hg	Cd	Pb	Mn
2013	1,68	1,37	1,32	1,81	1,39	2,12	1,42	1,32	1,50
2014	1,58	1,40	1,32	1,76	1,39	1,95	1,48	1,32	1,48
2015	1,66	1,65	1,71	1,96	1,63	2,03	1,49	1,33	1,96
2016	1,41	1,59	1,69	2,07	1,84	2,00	1,59	1,40	2,41
Среднее	1,58	1,50	1,51	1,90	1,56	2,03	1,50	1,34	1,84

Наибольшая за весь период 2013-2016 гг. разница в концентрациях между поверхностным и придонным слоями отмечались в 2015 и 2016 гг. для кобальта и марганца. В 2016 году также в поверхностном слое отмечались более высокие концентрации меди (1,84 раза выше, чем в придонном слое). Высокая разница в концентрации ртути отмечалась на протяжении всего исследуемого периода (в 2 раза выше, чем в придонном слое). У цинка, напротив, в поверхностном слое отмечались более низкие концентрации, чем в придонном слое за весь период, так же как и у кобальта, исключение составил 2015 год. Концентрация свинца и кадмия была выше в придонном слое только в 2016 году, железа в 2014 и 2016 гг., а меди в 2015 году. Превалирующее содержание тяжелых металлов, именно в поверхностном слое воды, может свидетельствовать о включении фитопланктоном доступных форм тяжелых металлов в биохимические процессы.

Таблица 4

Концентрация тяжелых металлов в водах Северного Каспия, 2013-2016 гг.

Параметр	Fe		Zn		Ni		Co		Cu		Hg		Cd		Pb		Mn	
	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно
2013																		
Среднее	5,13	5,05	5,50	5,51	1,29	1,15	0,08	0,08	1,46	1,43	0,05	0,05	0,25	0,25	1,48	1,48	5,54	6,27
Диапазон	0,90- 21,1	0,70- 19,6	2,10- 12,6	2,50- 12,1	0,70- 2,30	0,70- 2,20	0,01- 0,14	0,12- 0,15	0,70- 4,50	0,60- 3,30	0,01- 0,10	0,01- 0,12	0,10- 0,65	0,10- 0,47	0,70- 3,10	0,70- 3,10	1,30- 18,3	1,70- 31,8
2014																		
Среднее	5,41	5,63	6,42	6,59	1,54	1,38	0,09	0,09	1,75	1,72	0,06	0,05	0,30	0,30	1,78	1,78	5,93	6,29
Диапазон	0,99- 11,8	0,77- 16,5	2,40- 13,5	2,9- 14,6	0,81- 2,78	0,77- 2,35	0,01- 0,17	0,02- 0,18	0,80- 5,70	0,80- 3,70	0,01- 0,12	0,01- 0,14	0,12- 0,60	0,12- 0,59	0,90- 3,90	0,90- 3,70	1,60- 12,8	1,90- 15,8
2015																		
Среднее	9,07	7,81	5,79	5,92	2,08	1,92	0,11	0,11	3,26	3,05	0,08	0,07	0,37	0,37	2,21	2,17	6,74	5,57
Диапазон	2,00- 13,0	0,50- 12,5	1,40- 14,7	1,10- 17,4	0,79- 6,24	0,23- 4,80	0,02- 0,21	0,02- 0,22	0,70- 4,70	0,50- 7,10	0,01- 0,16	0,01- 0,17	0,14- 0,80	0,15- 0,77	1,20- 4,70	1,10- 4,50	2,00- 10,0	0,70- 10,0
2016																		
Среднее	19,8	20,9	6,76	7,86	2,50	2,34	0,13	0,13	3,47	2,84	0,06	0,05	0,41	0,43	2,46	2,35	6,73	4,94
Диапазон	5,50- 40,0	0,5- 43,3	2,0- 16,7	1,4- 21,4	0,8- 7,35	0,33- 6,31	0,02- 0,29	0,02- 0,31	0,60- 5,60	0,60- 5,10	0,01- 0,12	0,01- 0,12	0,11- 0,89	0,19- 0,86	1,20- 4,00	1,10- 5,60	1,60- 11,3	0,70- 11,2

Примечание: жирным курсивом отмечены концентрации, превышающие ПДК

Таким образом, можно сделать вывод, что в исследуемый период минимальные средние значения наблюдались в 2013 году, а максимальные в 2016 году, но даже эти значения не превышали ПДК. Вероятнее всего, низкое содержание растворенных форм тяжелых металлов в воде Северного Каспия, является результатом действия барьерного механизма дельты Волги, частично аккумулирующей загрязняющие вещества и/или трансформирующей их в менее опасные формы. Результатом этих процессов, является более низкая загрязненность северной части Каспийского моря по сравнению с другими его районами, что отмечается и другими исследователями [8].

Литература:

1. Бреховских В.Ф., Островская Е.В., Волкова З.В., Монахов С.К. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. - Астрахань: Издатель: Сорокин Р.В., 2017. - 408 с.
2. Гусейнова С.А., Гаджиев А.А. Содержание токсических веществ (тяжелых металлов и ароматических углеводородов) в тканях и органах гидробионтов на участке «Центрально-Каспийский» // Юг России: экология, развитие. – 2013. - № 3. - С. 61-65.
3. Коршенко А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник. - М.: Наука, 2016. - 184 с.
4. Перевозников М.А., Богданова Е.А. Тяжелые металлы в пресноводных системах. - СПб.: ГосНИОРХ, 1999. - 228 с.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. Toxicological profile for mercury // Centers for Disease Control. – Atlanta, Georgia, 1999. – TP-93/10.
6. EMEP Status Report 2/2009. June 2009. Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment. – Meteorological synthesizing centre – East, Norwegian Institute for Air Research. - 2009. - 74 p.
7. Lyulko I., Ambalova T., Vasiljeva T., To Integrated Water Quality Assessment in Latvia. // MTM (Monitoring Tailor-Made) III, Proceedings of International Workshop on information for Sustainable Water Management. - Netherlands, 2001. - P. 449-452.
8. Winkels H.J., Kroonenberg S.B., Lychagin M.Y. et al. Geochronology of priority pollutants in sedimentation zones of the Volga and Danube delta in comparison with the Rhone delta // Applied Geochem. - 1998. - V. 13. - P. 581-591.

Literatura:

1. Brehovskih V.F., Ostrovskaja E.V., Volkova Z.V., Monahov S.K. Zagrjaznjajushhie veshhestva v vodah Volzhsko-Kaspijskogo bassejna. - Astrahan': Izdatel': Sorokin R.V., 2017. - 408 s.
2. Gusejnova S.A., Gadzhiev A.A. Soderzhanie toksicheskikh veshhestv (tjzhelyh metallov i aromaticeskikh uglevodородov) v tkanjah i organah gidrobiontov na uchastke «Central'no-Kaspijskij» // Jug Rossii: jekologija, razvitie. – 2013. - № 3. - S. 61-65.
3. Korshenko A.N. Kachestvo morskikh vod po gidrohimicheskim pokazateljam. Ezhegodnik. - M.: Nauka, 2016. - 184 s.
4. Perevoznikov M.A., Bogdanova E.A. Tjzhelye metally v presnovodnyh sistemah. - SPb.: GosNIORH, 1999. - 228 s.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. Toxicological profile for mercury // Centers for Disease Control. – Atlanta, Georgia, 1999. – TP-93/10.
6. EMEP Status Report 2/2009. June 2009. Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment. – Meteorological synthesizing centre – East, Norwegian Institute for Air Research. - 2009. - 74 p.
7. Lyulko I., Ambalova T., Vasiljeva T., To Integrated Water Quality Assessment in Latvia. // MTM (Monitoring Tailor-Made) III, Proceedings of International Workshop on information for Sustainable Water Management. - Netherlands, 2001. - P. 449-452.
8. Winkels H.J., Kroonenberg S.B., Lychagin M.Y. et al. Geochronology of priority pollutants in sedimentation zones of the Volga and Danube delta in comparison with the Rhone delta // Applied Geochem. - 1998. - V. 13. - P. 581-591.