



По нашему мнению, для того, чтобы природные и человеческие границы на Каспийском море совпадали друг с другом, Северный Каспий должен быть полностью разделен на национальные сектора между Россией и Казахстаном, а оставшуюся часть акватории моря (Средний и Южный Каспий) следует разделить на: а) территориальные воды, находящиеся под полной юрисдикцией прибрежных государств; б) зону кругового течения и миграции рыб, находящуюся под частичной (рыболовной) юрисдикцией прибрежных государств; в) открытую часть моря, находящуюся под совместной юрисдикцией прибрежных государств. При этом количество флагов над акваторией моря не должно превышать количества государств на его берегах.

Так случилось, что подписание прикаспийскими государствами в 2003 году и ратификация в 2006 году Рамочной конвенции о защите морской среды Каспийского моря опередили принятие Конвенции об его правовом статусе, которая до сих пор является предметом обсуждения политиков и дипломатов. Однако Рамочная конвенция лишь определила основные направления сотрудничества в области охраны окружающей среды, развить которые предполагалось в ряде дополнительных протоколов. В первую очередь стороны решили принять протоколы по сохранению биоразнообразия, по наземным источникам загрязнения, по сотрудничеству в чрезвычайных ситуациях, по ОВОС в трансграничном контексте.

Однако ни один из протоколов до сих пор не принят. Не приняты также Соглашение о сохранении и использовании биоресурсов Каспийского моря и Соглашение о сотрудничестве в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, первые проекты которых появились намного раньше Рамочной конвенции. По нашему мнению, одним из основных препятствий является неопределенность правового статуса Каспийского моря, границ национальной и совместной юрисдикции на его акваторию. Опыт Каспийского моря подтверждает, что для перевода вопросов охраны окружающей среды из идеологической в практическую плоскость необходимо четко определить границы охраняемых объектов. При этом желательно, чтобы эти границы совпадали с естественными границами природных систем.

Библиографический список

1. Иванов В.П., Сокольский А.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. – Астрахань: Изд-во КаспНИИРХа, 2000. – 181 с. 2. Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность. – М: Наука, 1985. – 276 с. 3. Монахова Г.А. Особенности гидрологических условий участков Каспийского моря с различным правовым режимом // Актуальные проблемы современной науки: Материалы IV международной конференции молодых ученых и студентов. – Самара, 2003. – С.90-93.

УДК 504.4.054(282.247.41.05/262.81-17)

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ «ДЕЛЬТА ВОЛГИ - СЕВЕРНЫЙ КАСПИЙ»

© 2008. Островская Е.В., *Бреховских В.Ф., *Волкова З.В., Монахов С.К., **Курапов А.А., *Кочарян А.Г.

Каспийский морской научно-исследовательский центр»,
*Институт водных проблем РАН,
**ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»

Показано, что состав соединений тяжелых металлов в воде и взвеси зоны смешения речных и морских вод претерпевает закономерные изменения за счет осаждения и трансформации. Система «Дельта р. Волги - Северный Каспий», как геохимический барьер, препятствует переносу токсичных форм тяжелых металлов из реки в море, хотя на морской границе взморья содер-



жание токсичных форм железа и марганца может составлять до 30% валовой концентрации.

It is displayed that the composition of heavy metals compounds in water and suspensions in the area of marine and riverine waters mixing undergo natural changes due to sedimentation and transformation. The system "Volga Delta – North Caspian" as a geochemical barrier hampers the transfer of toxic heavy metals forms from the sea to the river, although the content of toxic iron and manganese forms at the marine border of coastal waters can reach up to 30% of total concentration.

Ключевые слова: тяжелые металлы, формы миграции, Каспийское море, дельта Волги

Тяжелые металлы (ТМ) являются одними из основных загрязняющих веществ, поступающих в р. Волгу со всего ее огромного водосборного бассейна. До сих пор остается открытым вопрос о степени влияния транзитного стока из вышележащих областей на состояние водных экосистем и качество вод в водотоках и водоемах Нижней Волги, а также о его вкладе в общее загрязнение Каспийского моря. По разным оценкам [4, 17, 16], р. Волга со стоком, составляющим более 80% от общего речного стока в море, вносит также от 80 до 90% всех загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов.

В данной работе нам хотелось бы продолжить дискуссию о влиянии волжского стока на загрязнение Каспийского моря тяжелыми металлами. Как известно, расчет стока металлов производится на основе средней концентрации и среднего объема речной воды в вершине дельты, без учета процессов трансформации веществ в устьевой области реки. Поэтому основной целью этой работы является исследование влияния процессов, происходящих в системе дельта р. Волги – Северный Каспий, на содержание и трансформацию тяжелых металлов в воде и взвешенном веществе этого района. В основу работы положены материалы экспедиционных исследований в дельте и отмелой зоне устьевого взморья р. Волги (пробы воды отобраны на 13 створах в рукавах дельты) и западной части Северного Каспия (40 морских станций, расположенных вблизи Дагестанского побережья) в августе 2007 г. Морской полигон включал в себя акваторию, протянувшуюся с севера на юг от Астраханского рейда до устья р. Сулак, с запада на восток от островов Тюлений, Чечень и Аграханского полуострова до 15-метровой изобаты в северной части (выше о. Чечень) и до 20-метровой изобаты в южной части (ниже о. Чечень). Особое внимание этому району уделяется, прежде всего, потому, что он представляет собой продолжение волжской струи, прошедшей через геохимический барьер зоны смешения речных и морских вод (маргинальный фильтр, согласно А. П. Лисицыну [8]). Интересно было выяснить, какие загрязняющие вещества и в какой форме (прежде всего, важен вопрос их токсичности) смогли преодолеть маргинальный фильтр устьевой области Волги и поступают далее в глубоководные районы Каспийского моря.

В работе использованы также данные производственного экологического мониторинга, проводимого нефтяной компанией «ЛУКОЙЛ» на Северном Каспии в 1998-2003 гг.

Отбор и химический анализ проб на содержание тяжелых металлов в воде проводился по аттестованным методикам [11, 12, 13, 14, 15].

Результаты исследований и обсуждение. Согласно результатам экспедиционных исследований, проведенных летом 2007 г. в дельте р. Волги, концентрации тяжелых металлов в воде дельтовых водотоков даже при максимальных значениях не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов [10], а такие металлы, как никель, кадмий и ртуть, вообще не превышали порога определения (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации тяжелых металлов в воде дельтовых водотоков р. Волги в августе 2007 г., мкг/л

Металлы, мкг/л	ПДК, мкг/л (Перечень, 1999)	Среднее	СКО	Макс	Мин
Железо	100	7,5	4,4	13,00	1,00
Марганец	10	3,02	1,06	4,90	1,70
Цинк	10	0,30	0,20	0,80	0,10
Медь	1	0,63	0,18	1,00	0,40



Свинец	6	0,05	0,19	0,70	0,00
--------	---	------	------	------	------

Таблица 2

Среднее содержание ТМ в воде дельты Волги за период 1995-2004 гг. [3]

Металл, мкг/л	Среднее по дельте за период	Наибольшее сред- нее	Наименьшее сред- нее
Железо	190	200	170
Марганец	1,9	4,5	0,74
Цинк	36,9	40,7	34,6
Медь	5,97	6,56	5,04
Никель	6,5	9,2	3,3
Свинец	1,96	2,56	1,21
Кадмий	0,6	0,73	0,37
Ртуть	0,05	0,09	0,02

Однако при сравнении содержания металлов в воде дельты Волги в 2007 г. и в предыдущие годы следует отметить заметное улучшение качества их вод по этим показателям (табл. 2), за исключением марганца.

В отчете [3] отмечается общая тенденция к снижению концентраций ТМ в воде дельтовых водотоков с 1990-х к началу 2000-х гг. В целом более высокие концентрации металлов в воде были характерны для периода 1995-2000 гг. При этом содержание металлов, как правило, отличалось довольно высокой пространственно-временной изменчивостью. Период весеннего половодья обычно характеризуется существенным повышением концентраций металлов в воде. В это время происходит смыв загрязняющих веществ полыми водами с обширных территорий полей дельты и Волго-Ахтубинской поймы.

Также в [3] отмечается, что поскольку основной объем водного стока приходится, как правило, на западную часть дельты, для водотоков которой характерны и более высокие концентрации большинства металлов, логично предположить, что и основная часть стока металлов должна быть сосредоточена в западном секторе морского края дельты. Установить обоснованность этого предположения позволяет анализ данных по загрязнению вод западной части Северного Каспия.

По результатам экспедиции, проведенной в августе 2007 г., в водах западной части Северного Каспия, наоборот, отмечалось существенно более высокое чем ПДК среднее содержание железа, цинка, меди и никеля как в поверхностном, так и придонном горизонтах (табл. 3). В то же время даже наблюдавшиеся на полигоне максимальные количества марганца, кадмия и ртути были значительно ниже ПДК для этих металлов.

Таблица 3

**Концентрации тяжелых металлов в воде западной части Северного Каспия в
августе 2007 г., мкг/л**

Метал- лы, мкг/л	ПДК, мкг/л [10]	Среднее		СКО		Макс.		Мин.	
		пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно
Железо	50	196	165	86	84	540	610	120	100
Марга- нец	50	4,72	3,88	2,15	2,01	11,40	13,90	2,10	2,10
Цинк	5	9,27	9,00	7,80	9,11	28,55	38,77	1,57	1,89
Медь	5	7,57	7,22	1,90	1,32	17,40	13,20	6,00	6,10
Никель	10	11,01	6,63	10,97	5,11	55,90	18,30	1,20	0,80
Свинец	10	4,01	3,22	2,39	1,52	16,40	11,10	2,10	1,90
Кадмий	10	0,15	0,18	0,05	0,05	0,24	0,26	0,05	0,04
Ртуть	0,1	0,022	0,022	0,004	0,004	0,03	0,03	0,02	0,02



В период проведения наблюдений распресненные воды распространялись довольно узкой струей вдоль дагестанского побережья, при этом соленость воды на полигоне изменялась в широких пределах: в поверхностном слое – от 2,40 до 12,53‰, а в придонном слое – от 4,45 до 13,11‰. Разница солености между поверхностным и придонным слоями в среднем составляла 1,78‰. В то же время вертикальный градиент температуры воды на многих станциях отсутствовал или был слабо выражен. Однако наличие галоклина заметно отразилось на распределении металлов в толще воды. В пространственном распределении ТМ по исследуемой акватории отмечалась довольно значительная как вертикальная, так и горизонтальная неоднородность: более высокие их концентрации были характерны для поверхностного слоя и северной части полигона. Исключение составляют только кадмий и ртуть – их средние концентрации для обоих слоев воды показывают статистически незначимое расхождение.

При этом в поверхностном горизонте имела место значимая обратная корреляция между соленостью воды и концентрациями железа, марганца, свинца и меди ($r = -0,89 \div -0,67$), для придонного слоя корреляция была уже незначимой. Концентрации кадмия, напротив, имели очень высокую положительную корреляцию с соленостью в обоих горизонтах ($r=0,96$ и $0,76$ соответственно для поверхностного и придонного слоев). Для цинка, никеля и ртути значимых корреляционных связей с соленостью не обнаружено вообще.

Таким образом, можно предположить, что такие металлы, как железо, марганец, свинец и медь, распространялись в волжской струе в основном в поверхностном слое, и их концентрации уменьшались по мере роста солености, и, следовательно, частично они были принесены на исследуемую акваторию с волжским стоком. Относительно кадмия можно сказать, что его присутствие явно имеет не только речное происхождение, поскольку его концентрации демонстрируют строгую тенденцию нарастать по мере повышения солености. Что касается других металлов, то установить их происхождение довольно сложно, поскольку их распространение по акватории не имеет определенных тенденций. К тому же, судя по пространственному распределению, некоторая часть всех металлов поступает в прибрежные воды из источников, расположенных на дагестанском побережье, причем в концентрациях, вполне сравнимых с вероятным волжским вкладом. В прибрежной полосе находятся выпуски водотоков дельты р. Терек, сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, автомобильные и железная дороги и т.д. Разница концентраций на прибрежных и морских станциях полигона отмечается на обоих горизонтах и достигает (в сторону снижения) для железа 110 мкг/л, марганца – 2,6 мкг/л, свинца – 2,5 мкг/л, меди – 2,1 мкг/л; для кадмия – 0,14 мкг/л в сторону возрастания. Следует также отметить, что влияние металлов, принесенных с волжским стоком, практически не распространяется далее северного окончания Аграханского полуострова.

В целом следует отметить, что количество тяжелых металлов в воде Северного Каспия в августе 2007 г. было выше среднееголетних значений за период 1998-2003 гг., рассчитанных по данным производственного экологического мониторинга, проводимого нефтяной компанией «ЛУКОЙЛ» (табл. 4). Вероятно, это как раз можно объяснить дополнительным поступлением металлов из прибрежных источников, поскольку полигон наблюдений компании расположен в открытой части моря, где влияние прибрежного стока загрязняющих веществ может уже и не быть столь заметным.

Таблица 4

Концентрации тяжелых металлов в воде западной части Северного Каспия в период 1998-2003 г., мкг/л

Металлы, мкг/л	ПДК, мкг/л [10]	Среднее		СКО		Макс.		Мин.	
		пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно
Железо	50	49	54	35	44	230	453	3	0,5
Марганец	50	2,30	2,99	1,51	2,73	11,9	24,8	0	0
Цинк	5	4,24	4,07	2,53	2,59	18,81	26,73	0	0
Медь	5	2,25	2,23	1,56	1,58	11,4	14,1	0,1	0
Никель	10	1,82	1,80	1,23	1,25	8,81	6,56	0	0



Свинец	10	2,81	2,77	2,55	2,22	16,08	11,6	0	0
Кадмий	10	0,51	0,46	0,47	0,47	4,29	5,12	0	0
Ртуть	0,1	0,17	0,16	0,23	0,25	2,16	3,59	0	0

Как уже было показано выше, распресненные воды в Северном Каспии являются более загрязненными по многим металлам, чем собственно морские, что и позволяет предполагать в качестве основного источника загрязнения речной сток. Рис. 1 иллюстрирует эту особенность на основе многолетних данных производственного экологического мониторинга компании «ЛУКОЙЛ». Известно, что в области смешения речных и морских вод содержание растворенных и взвешенных форм различных соединений контролируется изменением солёности [8]. В целом зоны смешения вод являются своего рода геохимическими барьерами – отчетливой границей смены форм существования элементов, главным образом, взвешенной и растворенной. При переходе геохимического барьера прежде всего замедляется скорость речного потока, происходит резкое изменение солёности, окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий в воде, что приводит к изменению соотношения форм и миграционной способности металлов – значительное их количество осаждается со взвесью [2]. На рис. 1 показано, что при солёности >2‰ происходит уменьшение концентраций металлов, связанное с осаждением взвеси при потере агрегативной устойчивости частиц. Затем в диапазоне солёности 5-7‰ в «иловой пробке» [9], и далее после 9‰ на южной границе гидрофронта вновь наблюдается увеличение концентраций металлов, но уже в более низких концентрациях, чем в распресненных водах. Исключение составляют, прежде всего, кадмий, как было упомянуто выше, а также в меньшей степени железо и ртуть, для которых концентрации до и после гидрофронта различаются незначительно.

Таким образом, предполагается, что при прохождении области геохимического барьера посредством процессов трансформации и осаждения происходит постепенное освобождение вод от токсичных веществ, в том числе антропогенного происхождения, поступивших на устьевое взморье с речным стоком. Однако при оценке и анализе качества водной среды важно учитывать не только валовые концентрации ТМ, но и формы их существования в природных водах, которые определяют их токсичность, биодоступность и особенности миграции. Накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что в речных водах ТМ мигрируют главным образом в составе взвешенного вещества [2, 5, 7]. Уменьшение скоростей течения в дельтовых водотоках и устьевом взморье способствует седиментации крупных фракций взвешенных веществ, изменяет соотношения взвешенных и растворенных форм, активизирует процессы седиментации ТМ, меняет характер круговорота элементов в водной среде [20]. Все эти изменения влияют на трансформацию форм миграции элементов и на их токсичные свойства. Процесс механического разноса и фракционирования твердых фаз, поступивших с берега с речным стоком, сменяется более сложным процессом биогеохимического удаления главной (растворенной) части элементов и перевода ее в ДО.

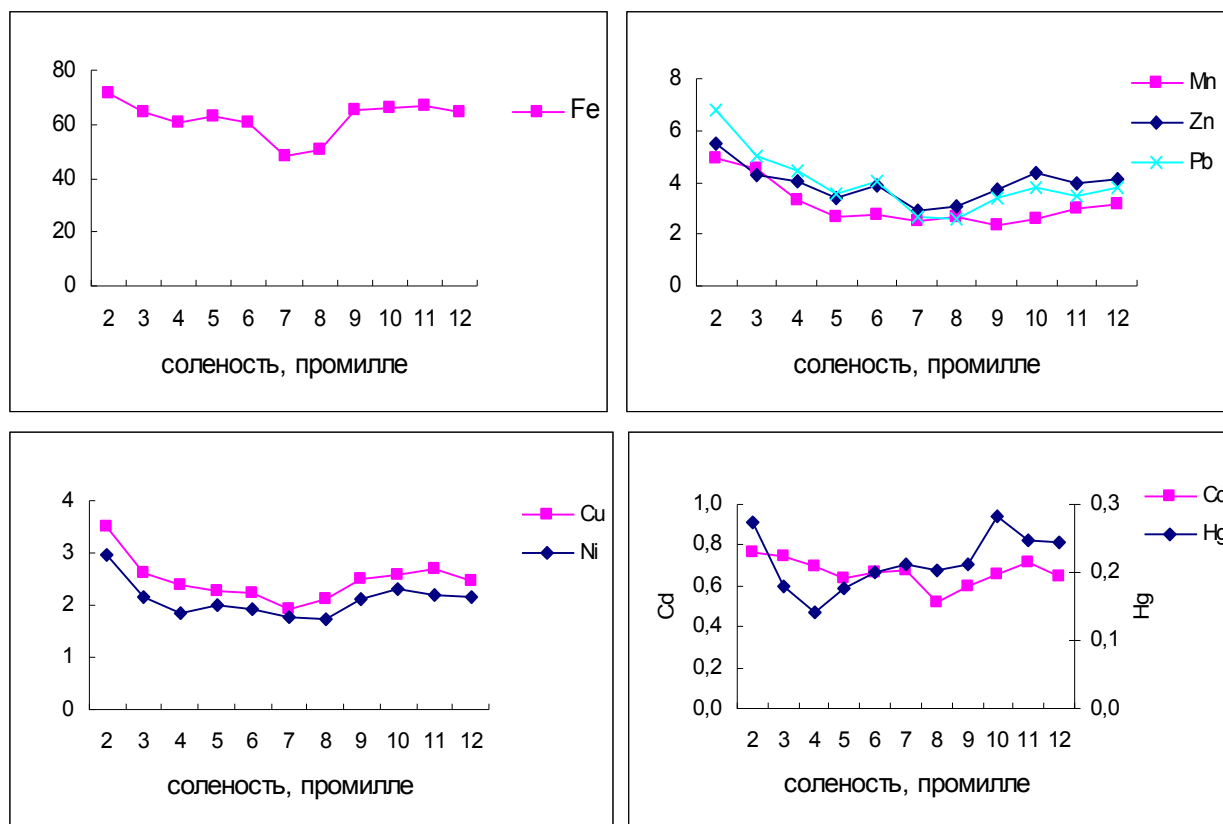


Рис. 1. Изменение средних за период 1998-2003 гг. концентраций тяжелых металлов (мкг/л) в воде Северного Каспия в зависимости от солености

Здесь следует отметить, что не все формы металлов, мигрирующих в растворенном виде, являются заведомо токсичными – многие из них связаны с органическими лигандами и потому неопасны для биоты. Если рассматривать закономерности распределения различных форм растворенной части ТМ в воде Северного Каспия, то можно заметить, что летом для них наиболее характерна миграция с гумусовыми веществами (рис. 2), биохимически устойчивыми высокомолекулярными, полидисперсными, полифункциональными соединениями [1].

Анализ соотношения взвешенных и растворенных форм ТМ на незарегулированном участке Нижней Волги показывает, что для марганца, никеля и свинца преобладающей формой миграции является взвешенная форма, для цинка – растворенная, а медь и кадмий мигрируют в обеих формах примерно в равных количествах (табл. 5). Преобладание взвешенных форм элементов над растворенными на участке реки ниже Волгоградского гидроузла связано преимущественно со значительным поступлением взвешенного материала в результате активизации русловых процессов. В зоне смешения речных вод с морскими в Северном Каспии вновь доминируют растворенные формы ТМ.

Таблица 5

Соотношение взвешенной и растворенной форм ТМ в воде Нижней Волги и Северного Каспия

Водные объекты	Соотношение взвешенных и растворенных форм ТМ						
	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
Нижняя Волга*	0,21	4,8 6,0	0,24 0,26	1,4 1,28	17,6 3,1	5,4 2,58	1,8



Северный Каспий**	$\frac{0,05}{6,98}$	$\frac{5,4}{6,25}$	$\frac{0,07}{0,39}$	$\frac{0,07}{0,40}$	$\frac{0,04}{0,44}$	$\frac{0,04}{0,84}$	0,24
-------------------	---------------------	--------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	------

* Для Нижней Волги в знаменателе приведены среднемноголетние значения за период 1997-2004 гг.

** Для Северного Каспия в знаменателе приведены значения за 1997 г.

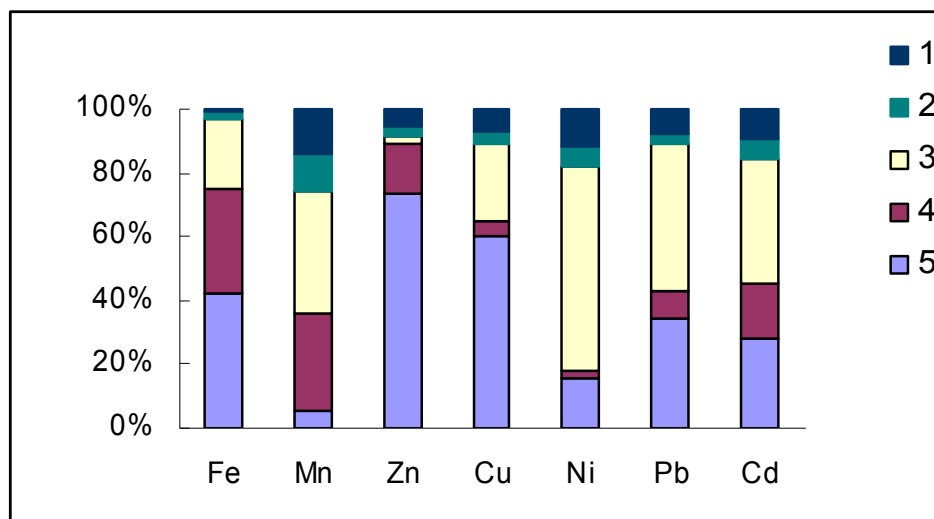


Рис. 2. Содержание различных форм металлов в воде Северного Каспия в летний период (%):

1 - соединения ТМ с гуминовыми кислотами; 2 - соединения ТМ с фульвокислотами; 3 - соединения ТМ с гуминовыми кислотами в составе органо-минеральных коллоидов; 4 - положительно заряженные комплексные соединения ТМ; 5 - нейтральные комплексы ТМ

Для наиболее токсичных металлов, таких как свинец, кадмий, никель, медь и цинк, характерна довольно низкая доля (16% и ниже от общей концентрации растворенной фазы) положительно заряженных комплексных соединений и ионных форм, представляющих наибольшую опасность для живых организмов (рис. 2). Основную массу их концентраций составляют нейтральные комплексы и комплексы с гуминовыми веществами. Таким образом, для этих металлов даже притом, что растворенная фаза является доминирующей, вклад в общую токсичность воды, а значит и реальная опасность для биоты невелики. Для железа и марганца положительно-заряженные формы составляют около трети их растворенной фазы, однако их валовые концентрации в основном формируются за счет взвешенных форм (табл. 5), что также снижает их потенциальную опасность для водных организмов.

Как известно, сточные воды промышленных предприятий, расположенных в основной своей массе в верхнем и среднем течении Волги, как правило, приносят ТМ в растворенной и часто наиболее токсичной – ионной – форме. Низкое содержание положительно заряженных растворенных форм ТМ в воде Северного Каспия, вероятно, является результатом действия барьерного механизма дельты Волги, частично аккумулирующей загрязняющие вещества и/или трансформирующей их в менее опасные формы.

Вопрос о загрязнении Каспийского моря волжским стоком имеет давнюю историю. Процессы формирования качества воды водотоков дельты и Северного Каспия, гидравлически связанных между собой, во многом определяются колебаниями волжского стока и хозяйственной деятельностью на водосборе. В исследуемом районе Северного Каспия влияние р. Волги сказывается в распространении потоков из западных рукавов дельты, которые, как показывают недавние исследования [18, 3], являются в настоящее время более мощными, чем сток из ее восточной части. В дельте р. Волги и в зоне смешения Северного Каспия происходят интенсивные процессы миграции и трансформации веществ, выносимых рекой.



Однако на распределение химических соединений, поступивших в так называемой «волжской струе» на акваторию западной части Северного Каспия, оказывают влияние и местные их источники, расположенные в прибрежной полосе и в судоходной акватории, что, конечно, затрудняет задачу проследить судьбу загрязняющих веществ «собственно волжского происхождения».

Тем не менее, проведенные исследования показывают, что состав соединений тяжелых металлов в воде и взвеси устьевых участков р. Волги и в зоне гидрофронта Северного Каспия претерпевает закономерные изменения за счет трансформации и выпадения как антропогенных, так и природных соединений. В целом обобщение данных, полученных в 1998 – 2007 гг., подтверждает определенную барьерную роль дельты р. Волги и зоны смещения, которые действительно препятствуют проникновению в открытое море антропогенных соединений металлов. Поэтому хотя наиболее токсичные (положительно заряженные) миграционные формы отмечаются на устьевом взморье для всех рассматриваемых элементов, их вклад в общее содержание металлов в растворенной фазе действительно заметен только для железа и марганца (около 30%).

Результатом этих процессов, на наш взгляд, является более низкая загрязненность северной части Каспийского моря по сравнению с другими его районами, что отмечается и другими исследователями [21].

Библиографический список

1. Веницианов Е.В., Кочарян А.Г. Тяжелые металлы в природных водах // Воды суши: проблемы и решения. – М., 1994.
2. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. – М.: Наука, 1983. – 160 с.
3. Изучение и обзор стока основных загрязняющих веществ из Волжского каскада. Сводный отчет по проекту № RER03G31 (00034997). – Москва, 2006. – 119 с.
4. Кирьянов С.В., Афанасьева Н.А. Влияние стока Волги на состояние загрязнения Северного Каспия // Метеорология и гидрология, 1992. № 6. – С. 114-117.
5. Лапин И.А., Красюков В.Н. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и миграции ТМ в природных водах // Водные ресурсы. 1986. № 1. – С. 134-145.
6. Лапин И.А., Малютин А.Н., Варванина Г.В. и др. Изучение распределения и миграции ТМ в воде дельты Волги // Вод. ресурсы, 1990, № 1. – С. 111-118.
7. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 272 с.
8. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т.34. № 5. – С. 735-747.
9. Лисицын А.П. Потoki осадочного вещества и загрязнений в Мировом океане и методы глобального мониторинга // Вехи кризиса. – М.: Наука, 2004. Вып. 2. – С. 133-193.
10. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999.
11. РД 52.17.262.91 Методы отбора, обработки и концентрирования проб морской воды, льда, снежного покрова, донных отложений и образцов зообентоса в условиях морских экспедиций.
12. РД 52.10. 243-92 Руководство по химическому анализу морских вод.
13. РД 52.10.556-95 Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси.
14. РД 52.18.595-96 Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды.
15. РД 118.02.7-88 Определение взвешенных веществ в природных водах.
16. Рыбохозяйственные исследования на Каспии. – Астрахань: КаспНИРХ, 1997-2001.
17. Чуйков Ю.С., Бухарицын П.И., Киселева Л.А., Фильчаков В.А., Сапрыкин В.Н., Лабунская Е.Н. Гидролого-гидробиологический режим Нижней Волги // Экология Астраханской области. Вып. 4. – Астрахань, 1996. – 256 с.
18. Шиганова Т.А., Сапожников В.В., Мусаева Э.И. и др. Условия, определяющие распределения гребневика MNEMIOPSIS LEIDYI и его воздействие на экосистему Северного Каспия // Океанология, 2003. Т.43, № 5. – С.716-733.
19. Dumont H.J. Caspian Lake: history, biota, structure, and function // Limnol. Oceanogr. 1998. V. 43. P. 44 - 52.
20. Dyer K.R. Sedimentation in estuaries // The Estuarine Environment. London. 1972. P. 10-32.
21. 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.