

ДИНАМИКА ПОТОКОВ

ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

в дельте р. Волги

Исследованы потоки загрязняющих веществ в дельте р. Волги за период 1977-2007 гг. Показано, что в последние годы потоки некоторых веществ заметно уменьшились, особенно нефтяных углеводородов, хлорорганических веществ и некоторых тяжелых металлов (медь). Отмечены существенные межгодовые колебания концентраций загрязняющих веществ и стока воды, при этом изменчивость гидрохимических характеристик существенно выше, чем стока воды.

Введение

Проблема оценки потоков загрязняющих веществ (ЗВ), поступающих из р. Волги в Каспийское море, по-прежнему остается актуальной, поскольку эта река является главным поставщиком ЗВ в Каспийском регионе [1]. Сложность проблемы состоит в том, что при расчетах нужно учитывать как гидрологические (объем стока, его сезонные и межгодовые изменения), так и гидрохимические факторы (концентрации ЗВ, их изменение в пространственно-временном аспекте). Колебания этих характеристик могут быть весьма значительными, что затрудняет выделение каких-либо трендов. Тем не менее, если рассматривать достаточно длинные ряды наблюдений, можно сделать вполне определенные выводы об изменении потоков ЗВ за последние годы.

Качество воды Нижней Волги определяется, в основном, поступлением ЗВ из Волгоградского водохранилища. Кроме того, имеются местные сбросы промышленных, коммунальных и ливневых сточных вод. Помимо точечных источников имеется сельскохозяйственная (диффузная) составляющая нагрузки, которая в основном формируется на водосборах малых и средних водотоков водной системы Волги. Заметную роль может играть вынос ЗВ из донных отложений [2, 3].

В.Ф.Бреховских*,

доктор технических наук, профессор, руководитель группы, Институт водных проблем (ИВП РАН)

З.В.Волкова,

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт водных проблем (ИВП РАН)

С.К.Монахов,

кандидат географических наук, директор, Каспийский морской научно-исследовательский центр (КаспМНИЦ)



Концентрации загрязняющих веществ в воде дельты

Рассмотрим динамику содержания ЗВ в вершине дельты р. Волги за последние 30 лет (табл. 1). Как видно из таблицы, содержание некоторых веществ заметно снизилось, начиная с периода 1977-1993 гг. Это в первую очередь относится к нефтяным углеводородам (НУ), среднемноголетняя концентрация которых уменьшилась в 3,5 раза. В меньшей степени это относится к Cu (уменьшение в 1,6 раза) и Zn (уменьшение в 1,3 раза по сравнению с периодом 1995-2004 гг.). У остальных металлов (Cr, Pb, Co, Cd, Ni) изменений практически не наблюдалось, также как у фенолов и СПАВ. Следует отметить, что в отдельные годы периода 2001-2007 гг. концентрации некоторых веществ превышали среднемноголетние значения, но это не меняло общей картины.

Самые заметные изменения в течение последних лет произошли в содержании хлорорганических пестицидов (табл. 2). Как видно из таблицы, концентрации веществ группы ГХЦГ уменьшились в 7-8 раз, а ДДЭ

* Адрес для корреспонденции: vadim@aqua.laser.ru

Таблица 1

Концентрации основных загрязняющих веществ в вершине дельты р. Волги (г/с Верхнее Лебяжье) за 1977-2007 гг. (по данным Росгидромета и ИВП РАН)

Год	W, км ³	Концентрация ЗВ										
		НУ	СПАВ	Фенолы	Cu	Zn	Cr	Pb	Co	Ni	Cd	Mn
		мг/л			мкг/л							
1977-1993	265	0,27	0,02	2,5	8,1	18,4	–	–	–	–	–	–
1995-2004	251	0,20	0,03	4	6,6	36	1,1	1,2	1	5,6	0,4	1,3
2001	281	0,14	0,03	3	4	10	2,8	3	3	13,6	1,1	2,5
2002	261	0,05	0,06	3	6	76	0,8	1,3	2,5	3,5	0,6	2,1
2003	250	0,07	0,02	3	2	62	1	0,8	0,2	3,4	0,1	1,1
2004	261	0,11	0,03	2	5	12	0,2	0,8	0,3	2,5	0,1	0,9
2005	254	0,08	0,03	2	8	17	0,7	0,8	0,1	2,3	0,5	0,7
2006	208	0,05	0,03	2	4	10	0,5	0,5	0,1	16	–	1,1
2007	282	0,05	0,03	1	6	10	0,4	1,2	0,2	3	–	2,5
2001-2007	257	0,08	0,03	2	5	28	0,9	1,2	0,9	6,3	0,4	1,6

Примечание: «–» отсутствие данных

Таблица 2

Концентрации растворенных хлорорганических веществ (нг/л) и их потоки (кг) в вершине дельты (по данным Росгидромета)

Период	А-ГХЦГ		Г-ГХЦГ		ДДЭ		ДДТ	
	Концентр.	Поток	Концентр.	Поток	Концентр.	Поток	Концентр.	Поток
1983-1990 гг.	3,3	864	4,8	1260	3,8	996	14,2	3720
1995-2004 гг.	1	251	0,4	102	0,1	26	0,7	180
2004-2007гг.	0,4	100	0,7	175	0,1		0,6	150

и ДДТ – в 38 и 24 раза, соответственно. Исходя из этого и учитывая, что объем стока р. Волги меняется существенно меньше, можно уже заранее предположить, что потоки пестицидов и НУ в дельту, а значит и в Каспийское море, также должны резко снизиться.

Обобщение материалов гидрохимических исследований Росгидромета за период 2001-2007 гг. для 11 станций Нижней Волги, расположенных, в основном, в западной части дельты, показало, что достаточно однородно по станциям распределены Cu, Fe, Zn, Ni, Mo. Большой неоднородностью отличаются распределения Co, Cd, Mn. Из данных по станциям не прослеживается увеличение большинства концентраций микроэлементов и других ЗВ в районе г. Астрахань, что свидетельствует об отсутствии ярко выраженного влияния сбросов ЗВ на показатели качества

вод в этом районе. Увеличение характерно только для меди.

Приведенные выше данные характеризуют растворенные в воде формы веществ (в частности, ТМ). Однако накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что в речных водах ТМ мигрируют главным образом в составе взвешенного вещества [4-7]. Уменьшение скоростей течения в дельтовых водотоках способствует седиментации крупных фракций взвешенных веществ, изменяет соотношение взвешенных и растворенных форм, меняет характер круговорота элементов в водной среде [8]. При этом оценки, полученные разными исследователями, могут заметно различаться. Так, в работе [9] на основании теоретических оценок сорбции ЗВ на частицах взвеси утверждалось, что ориентировочный сток ЗВ на взвеси в среднем может составить относи-

тельно массы ЗВ, поступающих в дельту в растворенном виде, для НУ 4,8 %, СПАВ 0,06 %, Cu 4,3 %, Zn 5,2 %.

Однако в ходе выполнения совместных экспедиций ИВП РАН и КаспНИРХа на Нижней Волге в 1997-1999 гг. были выявлены совершенно иные зависимости [10]. Пробы воды отбирались на участке реки от г. Волгоград до г. Астрахань и в отдельных рукавах дельты (Бахтемир, Бузан, Кизань, Ахтуба и др.). Концентрации ТМ во взвеси определяли на флуоресцентном рентгеноспектрометре RIX-2000 (Rigaku, Япония) с помощью калибровочных графиков. Компьютерная программа прибора позволяла сразу получать концентрации ТМ в мкг/л.

Сопоставление концентраций исследованных ТМ в растворенном виде и во взвешенном веществе полностью подтвердило то, что в основном они сосредоточены во взвеси (табл. 3).

Как видно из табл. 3, где приведены данные для четырех элементов, в среднем картина распределения форм для Zn и Mn мало менялась от года к году, тогда как для Cu и Pb размах колебаний был достаточно заметным. Эти элементы характеризовались также высокой пространственной изменчивостью как в русле, так и в рукавах дельты – доля взвешенных форм Cu изменялась от 46 до 95 %, Pb от 28 до 100 %. То же самое относится к Zn – на взвешенных в воде частицах адсорбировалось от 7 до 52 %. Для Cd диапазон изменений был меньше – от 85 до 97 % (в среднем составило 90 % как на русловом участке, так и в дельте). Близкие к этим цифрам величины наблюдались также для Ni. Вообще же в составе взвеси в наибольшем количестве содержались Fe и Mn, причем содержание обоих металлов хорошо коррелировало с общей массой взвеси в воде. В

Ключевые слова:

потоки,
загрязняющие
вещества,
сток,
р. Волга



табл. 3 приведены также величины соотношения взвешенных и растворимых форм ТМ как за 1997-1998 гг., так и среднемноголетние за период 1997-2004 гг. Для Zn, Cu и Pb эти величины полностью совпадают, а для Mn несколько различаются.

Таким образом, можно утверждать, что в водах Нижней Волги и дельты реки явное преобладание растворенной формы характерно только для Zn [11-13].

Для выявления сезонной динамики содержания ТМ во взвешенном веществе в 1998-1999 гг. были проведены наблюдения у г. Астрахань. Пробы воды отбирались в периоды половодья, зимней и летне-осенней межени. Наибольшее количество взвеси фиксировалось в пик половодья (май), наименьшее – в зимний период. Анализ содержания металлов во взвеси показал, что зимой взвешенные формы обнаруживаются только для Fe и Mn, а остальные металлы присутствуют в следовых количествах (рис. 1).

Оказалось, что повышенные концентрации ТМ во взвеси наблюдаются не только в паво-

Таблица 3

Среднее содержание ТМ в растворенной и взвешенной форме (в %) в русловой части Нижней Волги и рукавах дельты (август-сентябрь 1997-1998 гг.) и соотношение взвешенных и растворенных форм (данные ИВП РАН и КаспНИРХ)

Район	Zn		Cu		Mn		Pb	
	раств.	взвеш.	раств.	взвеш.	раств.	взвеш.	раств.	взвеш.
Русловая часть	81	19	20	80	15	85	17	83
	81	19	50	50	9	91	44	56
Рукава дельты	75	25	28	72	13	87	22	78
	83	17	58	42	10	90	30	70
Соотношение взвешенных и растворенных форм ТМ в воде Н.Волги за 1997-1998 гг. и за период 1997-2004 гг. (в скобках)	0,25 (0,26)		1,6 (1,3)		7,3 (6,0)		2,6 (2,6)	

Примечание: числитель – 1997 г., знаменатель – 1998 г.

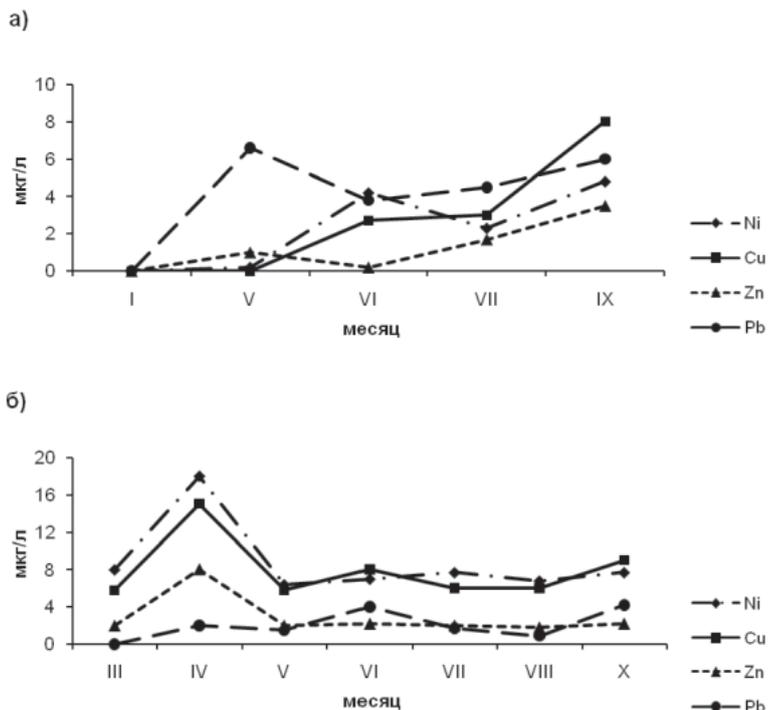


Рис. 1. Сезонное распределение взвешенных форм тяжелых металлов в воде р. Волги.

док, но и в период летне-осенней межени. Одной из причин этого, возможно, является поглощение металлов фитопланктоном, вследствие чего летний период массового развития фитопланктона сопровождается снижением содержания растворенных форм ТМ и увеличением содержания во взвеси. Таким образом, межгодовая и сезонная изменчивость содержания обеих форм ТМ и их соотношения во многом определяется расходами воды р. Волги и количеством взвешенных веществ, а также продукционными процессами.

Совершенно очевидно, что колебания стока самым непосредственным образом влияют на количество ЗВ, выносимых с речной водой в Каспийское море.

Гидрологические характеристики дельты

Следует отметить, что русловая сеть дельты достаточно густа, причем количество водотоков постоянно изменяется [14]. В настоящее время можно выделить 5 крупных систем, через которые волжская вода поступает в Северный Каспий – Бузана, Болды, Камызяка, Старой Волги и Бахтемира [9, 15].

Сложная система водотоков и их изменения создают большие трудности в определении стока воды, особенно в средней части дельты и в низовье за достаточно короткие периоды. Поэтому сток воды по отдельным водным системам оценивается с использованием наблюдений за стоком Волги в вершине

дельты и связей его со стоком отдельных рукавов [9]. В период зарегулированного режима стока Волги (после 1961 г.) выделяют ряд характерных периодов: 1961-1970 гг. – с водностью, близкой к средней за весь период наблюдений (среднегодовой суммарный расход воды в вершине дельты 7640 м³/с); 1971-1977 гг. – с пониженной водностью (маловодная фаза), средний расход 6290 м³/с; 1978-1993 гг. – с повышенной водностью (многоводная фаза), средний расход 8560 м³/с и 1995-2007 гг. – продолжение периода с повышенной водностью, средний расход 8112 м³/с. При анализе сезонной изменчивости стока обычно выделяются: зимняя межень (I квартал), весеннее половодье (II), летняя межень (III), осенняя межень (IV). Поскольку сток воды в период летней и осенней межени различается мало, то часто эти периоды объединяют. Расходы в западной части дельты значительно превышают расходы в восточной ее части. В среднем за период 1995-2004 гг. соотношение величин расходов западной и восточной частей дельты составило 1,7.

Наиболее значительные обобщения данных о величинах стока р. Волги относятся, в основном, к периодам 1961-1993 гг. и 1977-1993 гг. [9]. Согласно этим данным среднеголетняя величина стока в створе Верхнее Лебяжье изменялась от 234±43 (1961-1981 гг.) до 265±41 (1977-1993 гг.) км³. В рассматриваемый период 2001-2007 гг. он равен 257±25 км³. В период наблюдений с зарегулированным стоком 1961-2007 гг. среднеголетняя величина стока составляет 250±42 км³. Величина коэффициента межгодовой вариации стока в период 1961-1981 гг. была равна 13 %, а в период 1987-2007 гг. – 17%. Экстремально высокие величины стока наблюдались в 1991 и 1999 гг, а экстремально низкие – в 1973 и 1996 гг.. Объемы стока в первом случае составляли 321 и 292 км³, а во втором – 164 и 178 км³. Годовые объемы стока в 1991 и 1973 гг. различаются в 2 раза, в 1999 и 1996 гг. – в 1,6 раза (табл. 4). Существенным изменениям подвержены и сезонные колебания стока. В период 1961-1993 гг. сток в зимнюю межень был равен 48,1 км³; в период половодья 101,6, в летнюю межень 47, в осеннюю межень 46,3 км³, что составляет, соответственно, 19,8; 41,8; 19,3; 19,0 % от величины многолетнего стока. Следует отметить, что процентное отношение (к годовому) объемов стока в различные сезоны в средние и экстремальные годы существенно различается. Для экстремально многоводных и экстремально маловодных лет они различаются для периодов летней и зимней межени в 1,8 раза, в половодный период в 2,3 раза, осенней межени в 1,5 раза

Таблица 4.1

Сезонные объемы стока в вершине дельты р. Волги в многоводные и маловодные годы в период 1961-2007 гг. и 1961-1993 гг. (в числителе объем, км куб., в знаменателе % от многолетнего стока)

Годы	Объем стока, куб. км				
	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII	Год
1961-1993 гг.	<u>48,1</u>	<u>101,6</u>	<u>47</u>	<u>46,3</u>	<u>243</u>
	19,8	41,8	19,3	19,05	100
1995-2007 гг.	<u>58,8</u>	<u>161,6</u>	<u>51</u>	<u>49,5</u>	<u>256</u>
	23	63,1	19,9	19,3	100
Многоводные годы					
1991	<u>58,8</u>	<u>161,6</u>	<u>51</u>	<u>49,5</u>	<u>321</u>
	18,3	50,4	15,9	15,4	100
1999	<u>65,1</u>	<u>130,4</u>	<u>53</u>	<u>43,5</u>	<u>292</u>
	22,3	44,5	18,2	14,9	100
Маловодные годы					
1996	<u>38,2</u>	<u>62,3</u>	<u>39,9</u>	<u>37,6</u>	<u>178</u>
	18,8	43,1	38,1	21,1	100
1973	<u>32,6</u>	<u>70,4</u>	<u>28,4</u>	<u>32,1</u>	<u>164</u>
	20	43,2	17,4	19,7	100

Таблица 4.2

Сезонные объемы стока в вершине дельты р. Волги и в истоках основных рукавов за период 1961-1993 гг. (Устьевая область, 1998 г.)

Водоток	Объем стока, куб. км				
	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII	Год
Вершина дельты	48,1	101,6	47	46,3	243
Бузан, исток	16,3	37,8	16	15,3	85,4
Волга, Н.Лебяжье	31,8	63,8	31	31	157,6
Рычан, Яманцуг	1	2,9	1	1	5,9
Болда, Началово	2,3	5,4	2,1	2,1	11,8
Камызяк, исток	7,3	15,4	7,2	7,2	37
Ст. Волга, исток	5,1	10,5	5	5	25,6
Бахтемир, исток	16,1	29,7	15,8	15,8	77,3

Водоток	Объем стока, куб. км				
	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII	Год
Вершина дельты	48,1	101,6	47	46,3	243
Волга, Н.Лебяжье	31,8	63,8	31	31	157,6
Бузан, исток	16,3	37,8	16	15,3	85,4
Бахтемир, исток	16,1	29,7	15,8	15,8	77,3
Камызяк, исток	7,3	15,4	7,2	7,2	37
Ст. Волга, исток	5,1	10,5	5	5	25,6
Болда, Началово	2,3	5,4	2,1	2,1	11,8
Рычан, Яманцуг	1	2,9	1	1	5,9

(табл. 2). Так, в многоводный 1991 г. 50 % годовой величины стока давало половодье, в то время как в маловодный 1973 г. – только 43 % (в среднемголетний 41,8 %), а меженные величины стока в маловодный год были более высокими, чем в многоводный год. Сезонная неравномерность распределения стока в различные по водности годы оказывает влияние и на потоки ЗВ в связи с различиями условий формирования концентраций ЗВ в бассейне, особенно в половодный и меженные периоды.

Потоки загрязняющих веществ

Расчет потоков ЗВ в вершине дельты (створ с. Верхнее Лебяжье) для периода 2001-2007 гг. выполнялся по формуле $M=C(t)W(t)$, где $C(t)$, $W(t)$ – концентрации ЗВ и сток воды, отнесенные к рассматриваемому створу водотока за определенный период времени (годовые, сезонные, многолетние), полученных из имеющихся N наблюдений за расчетный период. Такие упрощения в расчете потоков обусловлены большими ошибками в определении потоков за короткие интервалы времени из-за недостаточной полноты исходного материала и погрешностей определения стока воды и концентраций ЗВ, связанных с отсутствием непрерывности в получении данных, со случайностью уровня загрязнения в момент наблюдений и др. Полученные таким образом величины годовых потоков ЗВ в вершине дельты представлены в табл. 5.

Для сравнения в этой таблице приведены также усредненные данные за периоды 1977-1993 гг. [9], 1995-2004 гг. [1] (данные Росгидромета). Нетрудно заметить, что в 3-м периоде потоки некоторых веществ существ-



Таблица 5

Сезонные и годовые величины потоков загрязняющих веществ в вершине дельты в различные периоды

Годы	Си	Zn	Ni	Сг _{общ}	Pb	Со	Cd	Mn	Fe _{общ}	Фенолы	НУ	СПАВ
	Т								тыс.т			
летне-осенняя межень												
1977-1992	706	1770	662	68	136	68	39	127	22,40	0,25	22,60	1,42
2001-2007	487	2920	662	68	136	68	39	127	22,40	0,29	6,81	3,21
зимняя межень												
1977-1993	590	1480	343	78	78	98	29	128	7,84	0,21	18,90	1,19
2001-2007	294	1275	343	78	78	98	29	128	7,84	0,10	3,92	1,28
весеннее половодье												
1977-1992	926	2330	663	116	104	65	21	161	29,69	0,33	29,70	1,86
2001-2007	474	2221	663	116	104	65	21	161	29,69	0,22	9,05	3,09
ГОДОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОТОКОВ												
1977-1993	2147	4876	1160	220	238	198	89	232	46,64	0,66	71,60	5,30
1995-2004	1778	9199	1668	262	318	231	89	416	59,93	0,97	54,03	6,63
2001-2007	1256	6416	1668	262	318	231	89	416	59,93	0,61	19,78	7,58

Примечание: данные за 1977-1993 гг. приведены по [6] за период 1995-2004 гг. по [4]

венно снизились по сравнению с 1-м периодом. Так, поток НУ уменьшился в 3,6 раза, фенолов в 1,1 раза, а поток Си в 1,7 раза. Поток Zn, наоборот, увеличился в 1,3 раза, как и поток СПАВ (в 1,4 раза) и ряда других металлов: Mn в 1,8, Pb в 1,3, Со в 1,2, Ni в 1,4, Fe в 1,3 раза (для этой группы металлов сравнивались величины 2-го и 3-го периодов). Следует отметить, что расходы воды в реке за указанные периоды практически совпадали, и та небольшая разница (в пределах 6 %) не могла повлиять на изменение потоков в ту или иную сторону.

Усредненные по периодам величины потоков ЗВ указывают на наличие или отсутствие общей тенденции, но они не дают возможности проследить годовую динамику потоков. Такая динамика для отдельных металлов за период 2001-2007 гг. показана на рис. 2.

Как видно из рис. 2, наиболее резкие колебания величин потоков наблюдаются у Zn – в 2002-2003 гг. его потоки были максимальны, они в несколько раз превышали потоки предыдущего года и последующих лет. Более того, они превышали максимальные значения, наблюдаемые за период 1977-1993 гг. (15,3 и 11,4 тыс. тонн в 1986 и 1987 гг., соответственно). В 2004-2007 гг. положение стабилизировалось, и потоки Zn были намного меньше, чем среднее значение за период 1977-1993 гг. (5 тыс. тонн). Поток Си был минимален в 2001 г., далее он

попеременно увеличивался и уменьшался, а к 2007 г. достиг величины, в 5 раз большей, чем начальная. Что касается других микроэлементов (Pb, Cr, Mn), их потоки были максимальны в 2001 г., затем они снижа-

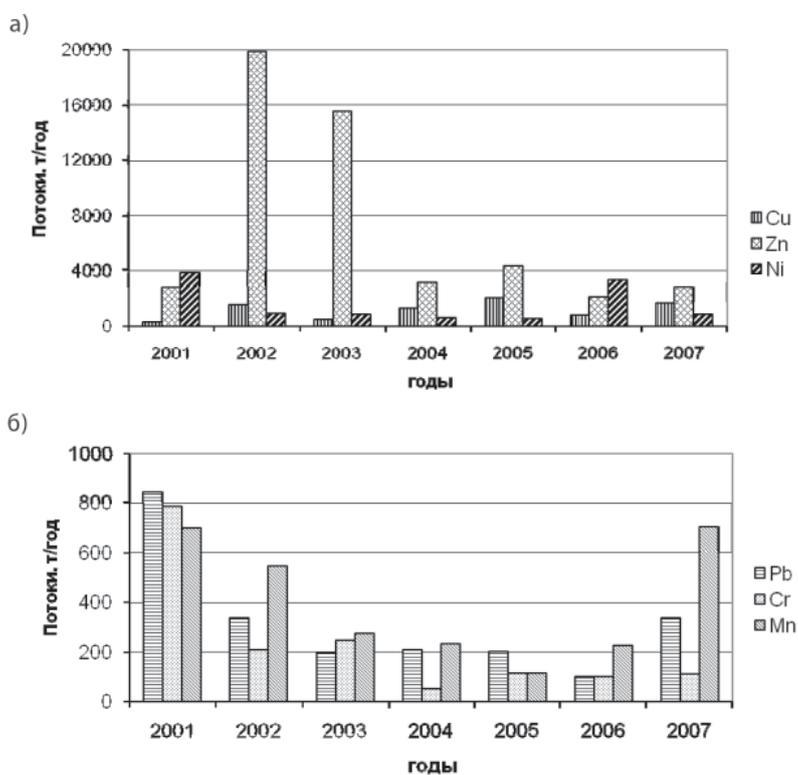


Рис. 2. Изменение потоков меди, цинка, никеля. а) потоки свинца, хрома, марганца; б) потоки в вершине дельты (Верхнее Лебяжье) в 2001-2007 гг.

лись до 2006 г., а в 2007 г. для Рb и Мп был отмечен заметный рост.

Как уже отмечалось выше, за последние 20 лет в вершине дельты отмечалось резкое снижение концентраций хлорорганических соединений (ГХЦГ, ДДЭ, ДДТ). В соответствии с этим в 2004-2007 гг. так же резко снизились и потоки этих веществ по сравнению с периодом 1983-1990 гг. (табл. 2). Для группы ГХЦГ уменьшение составило 7-8 раз, а для ДДТ 25 раз. Поток ДДЭ уменьшился в 38 раз (по сравнению с периодом 1995-2004 гг.). Все эти положительные изменения можно объяснить практически полным прекращением использования пестицидов в районе Нижней Волги (как и всего Волжского бассейна).

Для величин гидрохимических показателей и стока р. Волги характерна значительная сезонная изменчивость (табл. 5). В сезонной динамике наиболее существенное повышение концентраций металлов в воде отмечается в период зимней межени по сравнению с половодьем. В 2001-2007 гг. концентрации большинства ЗВ (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Mo, Co, Cd, Mn, HУ) имели более высокие значения зимой по сравнению с весной (табл. 3). Весной возросло содержание лишь Fe, Sn, СПАВ и взвешенных веществ, что было связано со смывом ЗВ полыми водами с обширных территорий полей дельты и Волго-Ахтубинской поймы. Заметное превышение

ПДК в этот период характерно для HУ, фенолов, а также Cu, Zn, Ni на отдельных станциях. Оценка потоков выноса ЗВ в различные сезоны показала, что весенние потоки существенно выше зимних из-за больших величин стока. Только для Co и Cd зимние потоки оказались выше весенних в 1,5 и 1,4 раза, соответственно. Превышение потоков в период весеннего половодья над зимней меженью составляет 1,1-2 раза для Mn, Рb, Cr, Cu, Zn, Ni ; 2,1-3 раза для фенолов, HУ, СПАВ, ВВ, Sn; для Fe – более 3 раз.

В общий поток ЗВ в дельте р. Волги определенный вклад вносят сточные воды, сбрасываемые в реку в Астраханской области и особенно в г. Астрахань. Для оценки этого фактора можно воспользоваться данными о поступлении ЗВ со сточными водами, приведенными в работе [9]. Хотя эти данные относятся к периоду 1988-1992 гг., можно предположить, что они не изменились кардинально и в настоящее время. Так, в указанный период поступление ЗВ со сточными водами было следующим: Cu – 1,7; HУ – 19,0; СПАВ – 37,2; фенолы – 0,3 т/год. Если теперь сравнить эти цифры с потоками веществ в вершине дельты за тот же период (табл. 5), окажется, что доля сточных вод составила: для Cu – 0,1, HУ – 0,02, СПАВ – 0,6, фенолы – 0,05 %. Получается, что в этой ситуации говорить о заметном влиянии сточных вод г. Астрахань и области на качес-



Таблица 6

Соотношение потоков загрязняющих веществ на морском крае дельты и в ее вершине в среднеклиматический год

Вещество	1977–1992 гг. по [9]	1995–2004 гг. по [1]
НУ	1,02	1,04
Фенолы	1,04	1,09
СПАВ	1,08	1,22
Cu	0,89	0,85
Zn	1,07	1,0
Cr	–	0,83
Pb	–	1,51
Co	–	1,57
Cd	–	1,77
Ni	–	1,29
Mn	–	1,18
Hg	–	2,10
ДДЭ	1,51	0,98
ДДТ	1,51	0,56
А–ГХЦГ	0,99	–
Г–ГХЦГ	0,97	1,06

Примечание: «–»отсутствие данных

тво воды дельты не приходится. Если учесть, что за последнее время сток некоторых ЗВ заметно снизился (в частности, для НУ почти в 4 раза, а для Cu в 1,8 раза), доля сточных вод г. Астрахань соответственно возрастет, но все равно останется невысокой (не более 1 %).

Остается выяснить еще один важный вопрос, а именно, какая доля потоков ЗВ доходит до морского края дельты. Эта задача очень сложная, поскольку регулярные наблюдения за гидрохимическими показателями в этой зоне не проводятся. Тем не менее, на основании литературных данных можно сделать некоторые приближенные оценки (табл. 6). Как видно из этой таблицы, в оба периода потоки НУ, фенолов и СПАВ увеличивались по сравнению с вершиной (особенно СПАВ). Поток Cu явно убывает (0,89 и 0,85, соответственно), а поток Zn во втором периоде остается неизменным. Резкий рост (в 1,5-2,1 раза) наблюдался у Pb, Co, Cd и Hg, в меньшей степени этот рост отмечался у Mn и Ni (в 1,18-1,29 раза). Что касается хлорорганических пестицидов, потоки ДДЭ и ДДТ увеличивались в 1,51 раза в 1-м периоде, но во 2-м периоде поток ДДЭ сохранялся, а ДДТ уменьшался почти в 2 раза. Соотношение потоков веществ группы ГХЦГ практически не менялось, но это не имеет особого значения, поскольку, как уже отмечалось выше, абсолютные значения потоков ХОП в настоящее

время резко снизились. Следует еще отметить, что водность года мало сказывается на величинах соотношений потоков, т.е. все они остаются на одном уровне как для маловодного, так и многоводного года [9].

Необходимо отметить, что все оценки потоков ЗВ производились для растворенных форм. Но, как отмечалось выше, вклад взвешенных форм в общий поток может оказаться доминирующим фактором и в результате суммарный поток будет намного больше. Поэтому динамика взвешенных веществ играет особую роль в выносе ЗВ на морской край дельты. Осаждение взвеси в рукавах дельты приводит к снижению содержания взвешенных форм ЗВ. Так, в работе [9] отмечается, что отношение количества взвеси на морском крае дельты по сравнению с вершиной составляет 0,76. В связи с этим можно лишь сказать, что расчет потоков ЗВ в Каспийское море требует особого подхода; пока же приходится опираться на весьма приближенные оценки.

Заключение

За последние годы потоки наиболее опасных ЗВ заметно уменьшились. Так, за период 2001-2007 гг. среднегодовой поток нефтяных углеводородов уменьшился в 3,6 раза, меди в 1,7 раза по сравнению с периодом 1977-1993 гг. Наибольшее снижение отмечается у хлорорганических пестицидов – в период 2004-2007 гг. потоки гексохлоранов уменьшились в 7,0-8,6 раз, ДДТ – в 25 раз по сравнению с периодом 1983-1990 гг. Вместе с тем, для ряда веществ (в частности, цинка) наблюдается увеличение потоков на 20-30 %.

Сравнение потоков ЗВ в вершине и на морском крае дельты показало, что за период с 1977 по 2004 гг. их соотношение практически не изменилось для таких веществ как нефтяные углеводороды, фенолы, медь и цинк. В то же время для некоторых хлорорганических веществ (ДДЭ, ДДТ) это соотношение уменьшилось в 1,5-2,8 раза.

Отмечены существенные межгодовые колебания концентраций ЗВ и стока воды на нижнем участке р. Волги, при этом изменчивость гидрохимических характеристик существенно выше, чем стока воды.

Литература

1. Изучение и обзор стока основных загрязняющих веществ из Волжского каскада. Сводный отчет по проекту № RER03G31 (00034997). Москва, 2006. 119 с.

2. Бреховских В.Ф. Современное состояние качества воды и донных отложений Нижней Волги; моделирование и оценка последствий экстремальных ситуаций / Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Перекальский В.М. // Труды Всероссийской конференции Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения. Барнаул, 2009. С. 242-251.
3. Бреховских В.Ф. Гидроэкология: к проблеме вторичного загрязнения водных объектов/ Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Перекальский В.М. // Инженерная экология. 1999. № 5. С. 18-23
4. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.:Наука, 1983. 160 с.
5. Лапин И.А. Влияние гуминовых кислот на поведение тяжелых металлов в эстуарных водах /Лапин И.А., Красюков В.Н. // Океанология, 1986, Т. 26. Вып. 4. С. 621-627.
- 6.. Лапин И.А. Изучение распределения и миграции тяжелых металлов в дельте Волги / Лапин И.А., Малютин А.Н., Варванина Г.Ф. и др //Водные ресурсы. 1990. Т. 17, № 1. С. 67-74.
7. Линник П.Н. Формы миграции металлов в пресноводных поверхностных водах/ Линник П.Н., Набиванец Б.И.// Л.: Гидрометеоздат, 1986. 272 с.
8. Dyer K.R. Sedimentation in estuaries// The Estuarine Environment. London. 1972. P. 10-32
9. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. М.: ГЕОС, 1998. 280 с.
- 10..Кочарян А.Г. Гидроэкология: тяжелые металлы в водах реки Волга //А.Г.Кочарян А.Г., Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Островская Е.В. // Инженерная экология, 2009. № 1, С. 4-13
11. Бреховских В.Ф. Микроэлементы в воде, взвеси и донных отложениях Волжского каскада и нижней Волги / Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Кочарян А.Г. //Сб. Водные ресурсы Волги. Настоящее и будущее, проблемы управления. Астрахань, 2008. С. 41-46
12. Островская Е.В. Тяжелые металлы в системе «дельта Волги – Северный Каспий»/ Островская Е.В., Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Монахов С.К., Курапов А.А., Кочарян А.Г. //Юг России: экология, развитие. 2008. № 4. С. 133-140
13. Характеристика загрязнения водотоков Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. Астрахань, 2006. 52 с.
14. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.
15. Макарова Е.Н. Роль Волго-Каспийского канала в транзите загрязняющих веществ из Волги в Северный Каспий /Макарова Е.Н., Монахов С.К., Гаврилова Е.В., Петреченкова В.Г., Холина О.И. //Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2009. № 9. С. 50-55
16. Бреховских В.Ф. Процессы переноса и накопления тяжелых металлов на Нижней Волге /Бреховских В.Ф., Катунин Д.Н., Островская Е.В., Перекальский В.М., Попова О.В. // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. № 4. С. 451-461.



V.F. Brekhovskikh, Z.V. Volkova, S.K. Monakhov

DYNAMICS OF CONTAMINANT FLOW IN RIVER VOLGA DELTA

Contaminant flows have been investigated in the period 1977 – 2007 years in the river Volga delta. During the last years flows of some substances such as oil hydrocarbons,

organochlorine contaminants, and heavy metals (copper) were shown to be less. Interannual fluctuations of contaminant concentrations and water run-off took place, hydrochemical

variability being much more higher than that of water run-off.

Key words: flows, contaminants, discharge, river Volga