

# Роль РЕЧНОГО ПРИТОКА

## растворенных химических веществ в антропогенной ТРАНСФОРМАЦИИ СОСТОЯНИЯ водной среды устьевой области реки **ВОЛГА**

**Впервые на основе многолетней режимной гидрохимической информации Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды проведен расчет притока химических веществ на замыкающий створ р. Волга. Прослежены тенденции накопления в устьевой области биогенных соединений и загрязняющих веществ. Показано, что наблюдается тенденция снижения объемов притока хлоридов, азота аммонийного, нитритного, фенолов и нефтепродуктов на фоне повышения объемов поступления сульфатов и соединений железа.**

### Введение

**П**оступление растворенных химических веществ с речным стоком в устья рек и прибрежные зоны морей является одним из важнейших факторов формирования гидрохимического режима низовий рек и их устьевых областей. Река Волга, как и другие крупные реки России, собирает воду и взвешенные вещества с огромных водосборных площадей и транспортирует их далее вниз по течению до замыкающего створа. Компонентный состав стока растворенных химических веществ формируется под влиянием таких факторов, как характер местного и регионального, в том числе и трансграничного, распространения загрязняющих веществ, сорбция их речным льдом из атмосферы и самой реки в течение ледостава, биоаккумуляция многих загрязняющих веществ и вовлечение их в пищевые цепи биоценозов. Суммарный эффект перечисленных выше факторов находит свое отражение по длине рек вплоть до замыкающих створов водотоков [1, 2].

Однако следует иметь в виду, что трансформация компонентного состава воды может происходить не только на протяжении всего

**А.М. Никаноров\***,

д.г.-м.н.,  
чл.-корр. РАН,  
профессор,  
директор ГУ  
Гидрохимический  
институт  
г. Ростов-на-Дону

**В.А. Брызгалю,**

к.х.н., ведущий  
научный сотрудник ГУ  
Гидрохимический  
институт  
г. Ростов-на-Дону

**Л.С. Косменко,**

к.х.н., ведущий  
научный сотрудник ГУ  
Гидрохимический  
институт  
г. Ростов-на-Дону



водотока, но и ниже замыкающего створа, который на большинстве крупнейших рек расположен на расстоянии десятков километров от морской границы устьевой области. В пределах устьевой области реки происходит замедление скорости течения воды и усиление процессов трансформации и аккумуляции химических веществ, интенсивность которых существенно изменяется в годовом цикле.

С экологической точки зрения изучение изменчивости притока растворенных химических веществ в устья рек имеет принципиально важное значение для оценки антропогенной нагрузки на устьевую область и возможного выноса многих загрязняющих веществ в прибрежные зоны морей.

\* Адрес для корреспонденции: ghi@aanet.ru

## Результаты и их обсуждение

### Устьевая область р. Волга как природная экосистема

Устьевая область р. Волга относится к дельтовому типу, занимает около 120 тыс. км<sup>2</sup> и включает дельту (более 11 тыс. км<sup>2</sup>) и устьевое взморье (более 108 тыс. км<sup>2</sup>) [3, 4]. Дельта сформировалась на Прикаспийской низменности – одном из самых низменных районов мира (до 27 м ниже уровня Мирового океана). Наличие обширного мелководного устьевого взморья обуславливает медленный плоскостной сток речных вод, вследствие чего зона смешения речных и морских вод удалена на десятки километров от морского края дельты.

Гидрографическая сеть дельты Волги по строению одна из самых сложных в мире – к морскому краю дельты подходит около 900 водотоков [3]. Дельта реки имеет обширную разветвленную русловую сеть, состоящую из множества рукавов, протоков и ериков (рис. 1). Грунтовыми водами устьевая область не богата, они приурочены к первому водоносному горизонту. Питание грунтовых вод дельты осуществляется в период половодий, затапливающих плоскую часть дельты, озера и ерики, которые после прохождения половодья продолжают питать грунтовые воды.

Основной сток воды, поступающий в дельту, измеряют на гидростворе у с. Верхнее Лебяжье – замыкающий створ реки (4 км выше дельты реки). По многолетним исследованиям после зарегулирования стока реки

**М.Ю. Кондакова,**  
научный сотрудник ГУ  
Гидрохимический  
институт  
г. Ростов-на-Дону

**О.С. Решетняк,**  
младший научный  
сотрудник ГУ  
Гидрохимический  
институт  
г. Ростов-на-Дону

суммарный сток Волги в вершине дельты несколько снизился (до строительства водохранилищ – 243 км<sup>3</sup>, после – 236 км<sup>3</sup>).

Распределение водного стока по рукавам неравномерное и зависит от колебания стока самой р. Волга. По расчетам Полонского В.Ф., Байдина С.С. и др. [4 – 8], со снижением расхода воды в вершине дельты в течение года (от половодья к межени) доля стока рукавов Бол. Болда и Рычан уменьшается, что является признаком тенденции к их отмиранию. Рукав Бахтемир, наоборот, при снижении водности реки увеличивает свою долю стока, что служит явным признаком тенденции к его активации. Рукав Старая Волга уменьшает свою долю стока лишь при малой водности реки, доля стока рукава Камызяк мало изменяется в течение года. С ростом водности р. Волга резко возрастает сток поймы и р. Ахтуба.

Современный этап развития устьевой области находится в прямой зависимости от усиления влияния крупных гидротехнических сооружений на Волге и увеличения масштабов хозяйственного освоения. Кроме того, сезонное регулирование стока р. Волга изменило его внутригодовое распределение, перераспределение по дельтовым рукавам и степень обводненности различных частей дельты [4, 7]. Такие изменения в характере водного стока могут привести к изменению эрозии на водосборах и в русле реки, мутности и стока наносов, русловых процессов. Наиболее отрицательные последствия может оказать уменьшение стока, поскольку сократит возможность разбавления загрязняющих веществ и замедлит процессы самоочищения, что в целом приведет к повышению концентрации в водной среде различных загрязняющих веществ.

### Краткая характеристика антропогенного воздействия на устьевую область р. Волга

Водная экосистема р. Волга испытывает влияние разнообразных источников загрязнения различного масштаба и степени опасности. Интенсивное водопользование, безвозвратное изъятие воды нарушают уникальность экологической системы устьевой области. Заметные изменения экологической обстановки проявляются в нарушении естественных биологических циклов водных экосистем, снижении биоразнообразия и биопродуктивности [3, 9]. Антропогенное воздействие на устьевую область реки и ее дельту оказывают такие региональные факторы, как:

- ♦ транзитный перенос загрязненных сточных вод вниз по течению реки;
- ♦ сброс недостаточно очищенных и загрязненных сточных вод промышленных и сель-

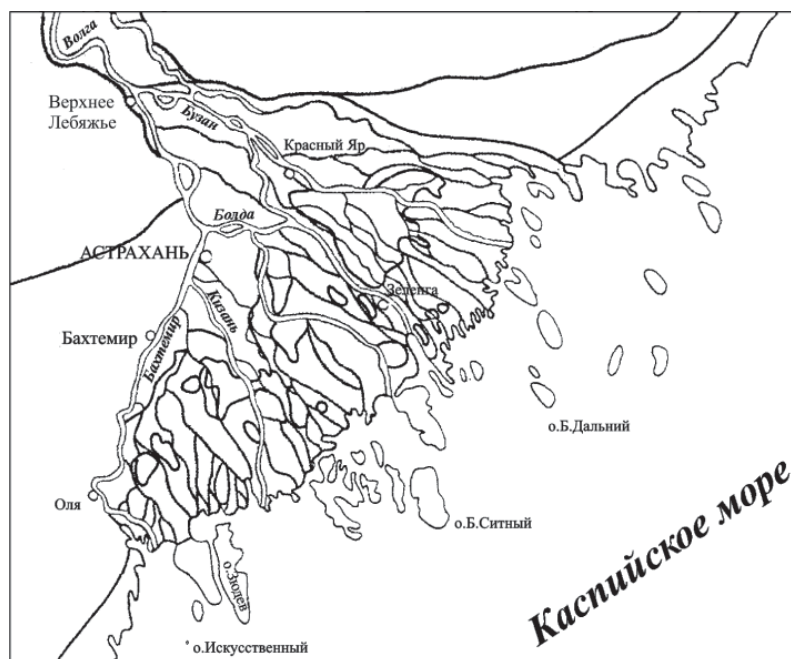


Рис. 1. Карта-схема устьевой области р. Волга [3].

скохозяйственных предприятий, расположенных на водосборе нижнего течения р. Волга;

♦ влияние маломерного флота.

Значительное влияние оказывают и локальные источники загрязнения, сосредоточенные на акватории устьевой области: в районе с. Верхнее Лебяжье – овощеперерабатывающие предприятия, сельхозугодья, судоходство; у г. Астрахань – рыбоперерабатывающие предприятия, судоходство, лесоперерабатывающий комплекс и предприятия пищевой промышленности.

Перечисленные выше региональные и локальные факторы воздействия в совокупности приводят к заметной трансформации состояния водной среды устьевой области и, в первую очередь, по степени ее загрязненности.

Используя принятый в Росгидромете метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод [10] по гидрохимическим показателям определена тенденция изменчивости степени загрязненности водной среды отдельных участков устьевой области р. Волга на замыкающем створе реки у с. Верхнее Лебяжье и в дельте у г. Астрахань.

На исследуемых участках устьевой области по комплексу приоритетных загрязняющих веществ степень загрязненности водной среды оценивалась в 1985–2000 гг. как «грязная», а в новом тысячелетии – как переходная от «грязной» к «очень загрязненной».

Незначительное снижение уровня загрязненности водной среды устьевой области р. Волга сопровождается уменьшением перечня критических показателей загрязненности (КПЗ) [10]. Если до 2000 г. степень загрязненности водной среды устьевой области характеризовалась как стабильно «грязная» и в перечень КПЗ входили соединения меди, цинка, фенолы, нефтепродукты, то в последние годы наблюдается уменьшение степени загрязненности водной среды и основными КПЗ остаются соединения меди.

*Приток растворенных химических веществ на замыкающий створ р. Волга*

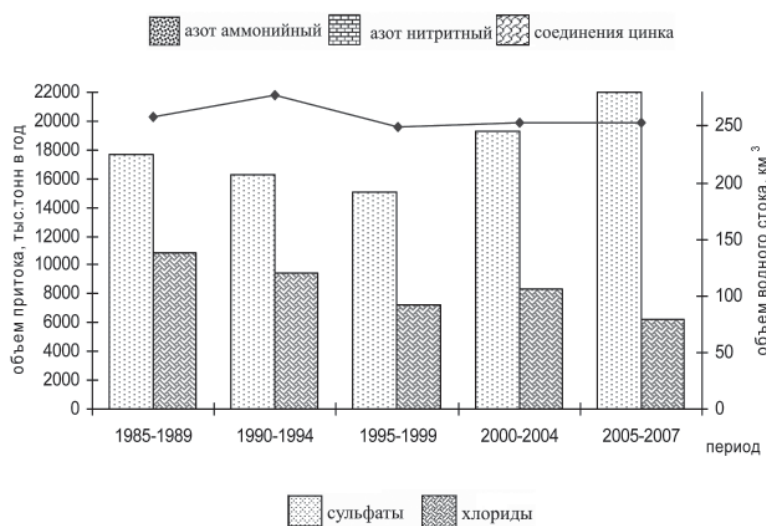
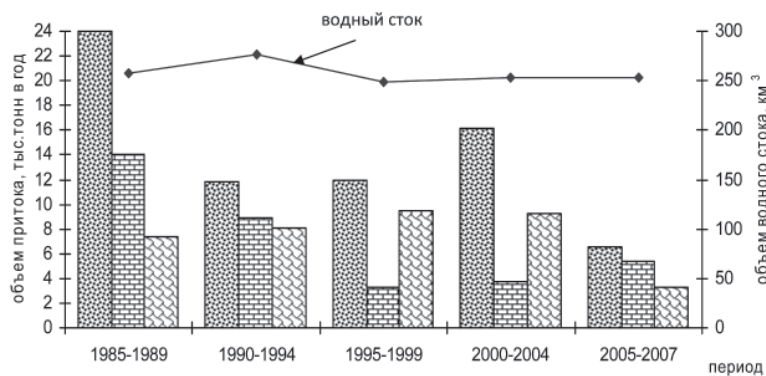
Впервые на основе многолетней (1980–2007 гг.) режимной гидрохимической информации Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) проведен расчет объемов притока растворенных химических веществ и выявлен характер



**Таблица 1**

Изменчивость объемов притока растворенных химических веществ на замыкающий створ р. Волга

Ингредиент	Объем притока химических веществ, тыс. тонн в год		
	общий диапазон колебания	средне-многолетний	Год максимального значения притока
Хлориды	5737–11663	8765	1985
Сульфаты	12341–34298	17859	2005
Азот аммонийный	0,518–48,9	15,3	2004
Азот нитритный	1,03–21,9	7,37	1985
Азот нитратный	14,9–167	84,9	1994
Фосфор фосфатный	1,16–25,3	7,32	1998
Кремнекислота	93,5–1121	603	1992
Легкоокисляемые органические вещества (по БПК <sub>5</sub> )	492–1261	777	1986
Фенолы	0,224–3,10	0,827	1997
Нефтепродукты	8,57–178	58,0	2000
Соединения железа	н.о.–143	41,0	2007
Соединения меди	н.о.–4,83	1,93	1995
Соединения цинка	н.о.–19,3	7,80	2002
Водный сток (км <sup>3</sup> )	175–328	259	1994



**Рис. 2.** Временная изменчивость средних за исследуемые периоды объемов водного стока и притока растворенных химических веществ на замыкающий створ р. Волга.

его внутри- и межгодовой изменчивости на замыкающем створе р. Волга у с. Верхнее Лебяжье [11]. Расчет объемов притока растворенных химических веществ проведен по предложенному ранее прямому методу расчета [12, 13].

В число составляющих приток растворенных химических веществ были включены, в пер-

вую очередь, такие гидрохимические показатели, как хлориды, сульфаты, легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>), минеральные формы азота и фосфора, кремниевая кислота, фенолы, нефтепродукты и соединения железа, меди, цинка.

Расчет и анализ диапазонов колебания среднегодовых объемов притока перечисленных выше растворенных химических веществ на устьевой участок у с. Верхнее Лебяжье показал их высокую межгодовую изменчивость. За период с 1980 по 2007 гг. наибольшая изменчивость абсолютных значений притока отмечена по (табл. 1):

- ◆ соединениям железа от н.о. до 143 тыс. тонн в год;
- ◆ азоту аммонийному от 0,518 до 48,9 тыс. тонн в год;
- ◆ фосфору фосфатному от 1,16 до 25,3 тыс. тонн в год;
- ◆ азоту нитритному от 1,03 до 21,9 тыс. тонн в год;
- ◆ нефтепродуктам от 8,57 до 178 тыс. тонн в год.

Наибольший объем притока в вершину дельты характерен по сульфатам, хлоридам, кремниевая кислота и легкоокисляемым органическим веществам (табл. 1).

Обращает на себя внимание отчетливая тенденция снижения в 2005–2007 гг. средних за исследуемые периоды объемов притока хлоридов, азота аммонийного, азота нитритного, фенолов и нефтепродуктов на фоне повышения объемов поступления сульфатов и соединений железа (рис. 2).

Учитывая естественную внутригодовую изменчивость содержания в водной среде биогенных элементов, особое внимание было уделено оценке внутригодовой динамики объемов их притока. Результаты расчетов показали, что в период с апреля по июль в устьевую экосистему поступает 53–77 % их годового объема притока.

**Таблица 2**

Внутригодовая изменчивость объемов водного стока и притока биогенных веществ на замыкающий створ р. Волга

Ингредиент	Среднегодовые месячные объемы притока, тыс. тонн		
	общий диапазон	диапазон в апреле – июле (доля от общего притока, %)	сроки (месяц) максимальных значений
Водный сток (км <sup>3</sup> )	14,2 – 45,1	17,9 – 45,1 (49)	май
Азот аммонийный	0,294 – 2,71	1,22 – 2,71 (57)	май
Азот нитритный	0,043 – 1,93	0,596 – 1,93 (77)	июнь
Азот нитратный	2,61 – 17,4	5,19 – 17,4 (63)	июнь
Фосфор фосфатный	0,319 – 1,10	0,376 – 0,947 (37)	февраль – сентябрь
Кремниевая кислота	30,2 – 94,7	39,4 – 94,7 (53)	май
Соединения железа	1,49 – 12,5	3,06 – 12,5 (62)	июнь

**Таблица 3**

Среднегодовое и допустимые по ПДК объемы притока приоритетных загрязняющих веществ на замыкающий створ р. Волга

Ингредиент (ПДК, мг/л)	Объем притока химических веществ, тыс. тонн в год			
	среднего- голетний	допустимый по ПДК	Кратность превышения	
			среднего- голетняя	максимальная по среднегодовому
Азот аммонийный (0,39)	15,3	101	–	–
Азот нитритный (0,020)	7,37	5,18	1,4	4,2
Легкоокисляемые органические вещества по БПК <sub>5</sub> (2,0)	777	518	1,5	2,4
Фенолы (0,001)	0,827	0,259	3,2	12,0
Нефтепродукты (0,05)	58,0	13,0	4,5	13,7
Соединения железа (0,10)	41,0	25,9	1,6	5,5
Соединения меди (0,001)	1,93	0,259	7,5	18,6
Соединения цинка (0,010)	7,80	2,59	3,0	7,5
Соединения никеля (0,010)	1,56	2,59	–	1,4

**Таблица 4**

Пространственное распределение внутригодовых колебаний объемов притока химических веществ в устьевой области р. Волга в 1991 г.

Ингредиент	Диапазон колебания объемов притока на участках устьевой области, тыс. тонн			
	Основное русло р. Волга, с. Верхнее Лебяжье	Рукава дельты реки		
		рукав Бузан, с. Красный Яр	рукав Кривая Болда, пр. Рычан	рукав Камызяк, г. Камызяк
Объем водного стока, км <sup>3</sup>	14,5 – 77,9 26,7*	4,70 – 18,2 7,12	0,25 – 2,30 0,68	2,31 – 12,6 4,13
Хлориды	385 – 1697 73,9	123 – 315 180	6,80 – 49,6 17,0	62,8 – 577 159
Сульфаты	835 – 2729 1345	262 – 517 339	14,1 – 82,4 30,4	123 – 910 276
Легкоокисляемые органические вещества по БПК <sub>5</sub>	28,0 – 259 82,6	5,90 – 33,9 14,9	0,350 – 4,74 1,49	3,42 – 25,1 8,94
Азот аммонийный	н.о. – 9,90 3,15	н.о. – 1,33 0,152	н.о. – 0,182 0,022	н.о. – 0,531 0,070
Азот нитритный	0,007 – 5,63 1,03	0,005 – 1,27 0,321	0,0003 – 0,157 0,018	0,002 – 2,58 0,367
Азот нитратный	0,730 – 25,0 9,20	0,336 – 4,60 2,33	0,023 – 0,889 0,265	0,059 – 6,91 1,71
Фосфор фосфатный	0,025 – 2,21 0,598	0,007 – 0,409 0,130	0,0001 – 0,057 0,016	н.о. – 0,980 0,191
Кремнекислота	8,03 – 389 92,3	1,79 – 68,6 16,8	0,125 – 10,7 2,13	1,20 – 111 21,1
Соединения железа	н.о. – 4,69 1,50	н.о. – 0,803 0,236	н.о. – 0,029 0,010	н.о. – 3,77 0,659
Фенолы	н.о. – 0,663 0,160	н.о. – 0,172 0,039	0,0001 – 0,037 0,007	н.о. – 0,027 0,008
Нефтепродукты	0,905 – 17,9 4,22	0,240 – 6,53 1,77	0,027 – 0,752 0,154	0,137 – 8,84 1,36

\*в знаменателе – среднегодовое значение

При этом сроки максимальных объемов притока азота нитритного, азота нитратного, фосфора фосфатного и соединений железа не совпадают со сроками максимального водного стока (табл. 2).

Если сравнивать среднеголетние объемы притока приоритетных загрязняющих веществ с условно допустимыми по ПДК их значениями, то можно заключить, что поступление в водную среду р. Волга у с. Верхнее Лебяжье превышало допустимые объемы по нефтепродуктам в 4,5 раза по среднеголетним и в 13,7 раза по максимальным среднегодовым значениям; соединениям железа – в 1,6 и 5,5 раза; соединениям меди – в 7,5 и 18,6 раза; фенолам – в 3,2 и 12 раз; соединениям цинка – в 3 и 7,5 раза, соответственно (табл. 3).

Ниже с. Верхнее Лебяжье поступающие в вершину дельты растворенные химические вещества распределяются далее по рукавам. Результаты расчета и анализа внутригодового распределения объемов притока по акватории устьевой области в многоводный 1991 г. [8] показали, что наибольшие среднегодовые объемы растворенных химических веществ проходят через рукав Бузан, что согласуется и с объемами водного стока. Наблюдаемые наибольшие среднегодовые объемы стока азота нитритного, фосфора фосфатного, кремнекислоты и соединений железа в рукаве Камызяк, по-видимому, обусловлены возможным дополнительным локальным их поступлением (табл. 4).

Характер такого притока растворенных химических веществ на замыкающий створ

реки, в том числе и загрязняющих, позволил оценить возможную антропогенную нагрузку на устьевую область со стороны реки по азоту аммонийному как малую, по легкоокисляемым органическим веществам (по БПК<sub>5</sub>) как умеренную и по притоку нефтепродуктов как критическую [14].

## Заключение

**П**риток растворенных химических веществ – важнейший фактор формирования современного гидролого-экологического состояния устьевой области р. Волга. Речной перенос следует рассматривать как источник местного (локального) и регионального распространения загрязняющих веществ.

Проведенный впервые детальный расчет многолетней и внутригодовой изменчивости притока растворенных химических веществ в устьевую область р. Волга показал, что поступающие на замыкающий створ объемы притока периодически в 2–19 раз превышают их допустимые по ПДК значения. При этом устьевая область реки может испытывать по отдельным ингредиентам антропогенную нагрузку переходную от умеренной до критической.

В последние годы на замыкающем створе р. Волга происходит трансформация компонентного состава водной среды за счет притока и периодического накопления в ней нефтепродуктов, максимальные концентрации которых периодически достигают 74 ПДК, соеди-



нений меди – 49 ПДК, фенолов – 24 ПДК, соединений цинка – 25 ПДК и соединений железа – 14 ПДК [11].

### Литература

1. Брызгалов В.А. Сток растворенных веществ на замыкающих створах рек бассейнов арктических морей России. Многолетняя и сезонная изменчивость / В.А. Брызгалов, В.В. Иванов // Экологическая химия. 2000. №9 (2). С. 76-89.
2. Никаноров А.М. Роль химического речного стока в антропогенной трансформации состояния водной среды Енисейской устьевой области / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалов, Л.С. Косменко, О.С. Решетняк // Водные ресурсы. 2010. Том. 37. № 4. С.434-444.
3. Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 348 с.
4. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.
5. Полонский В.Ф. Особенности современных гидролого-морфологических процессов дельты Волги // Водные ресурсы. 1995. Том 22. № 5. С. 517-527.
6. Полонский В.Ф. Распределение и перераспределение стока в дельте Волги / В.Ф. Полонский, С.С. Байдин // Тр. ГОИН, 1986. Вып.179. С. 111-122.
7. Байдин С.С. Сток и уровни дельты Волги. М.: Гидрометеиздат, 1962. 337 с.
8. Устьевая область Волги: гидролого-географические процессы, режим загрязняющих

### Ключевые слова:

устьевая область  
р. Волга,  
водный сток,  
приток химических  
веществ,  
загрязняющие  
вещества,  
биогенные  
соединения

- веществ и влияние колебания уровня Каспийского моря / Под ред. В.Ф. Полонского, В.Н. Михайлова, С.В. Кирьянова. М.: ГЕОС, 1998. 278с.
9. Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ / Под ред. Н.В. Буторина. М.: Наука, 1984. 237 с.
  10. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 33 с.
  11. Ежегодники качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территории деятельности Северо-Кавказского УГМС за 1980-2007 гг. Ростов-на-Дону, 1981-2008 гг.
  12. Методические рекомендации по обоснованию системы наблюдений и расчету выноса с речным стоком нефтепродуктов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 19 с.
  13. РД 52.24.508-96. Организация и функционирование подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод суши. М.: Гидрометеиздат, 1999. 44 с.
  14. Никаноров А.М. Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия / А.М. Никаноров, В.В. Иванов, В.А. Брызгалов. Ростов-на-Дону: НОК, 2007. 280 с.

A.M. Nikanorov, V.A. Bryzgalov, L.S. Kosmenko, M.Yu. Kondakova, O.S. Reshetnyak

## ROLE OF CHEMICAL SUBSTANCES INFLOW IN ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF RIVER VOLGA MOUTH AREA

Estimation of chemical substances inflow at the outlet of the river Volga was carried out. It was made based on of long-term hydrochemical data provided by Government Agency of Environmental Monitoring and Control. Biogenic compound

accumulation and built-up of pollutants in the mouth area of the river was registered. Inflow of chloride, nitrogen (ammonium-and nitrite-), phenols and petroleum products was shown to be less than that of sulphates and iron.

**Key words:** mouth area of the river Volga, water runoff, inflow of the chemical substances, pollutants, biogenic compounds