

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОД СУШИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

УДК 504.064.:(282.247.41)

### АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

© 2013 г. О. С. Решетняк\*, А. М. Никаноров\*\*, В. А. Брызгалов\*, Л. С. Косменко\*

\*Гидрохимический институт

\*\*Южный отдел Института водных проблем РАН

344090 Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 198

E-mail: ghi6@aanet.ru

Поступила в редакцию 12.04.2011 г.

Представлена многолетняя (1981—2009 гг.) изменчивость гидрохимических и гидробиологических показателей состояния водной среды экосистемы Нижней Волги. Во взаимосвязи с тенденцией накопления важнейших загрязняющих веществ в водной среде рассмотрены развитие и трансформация структурной организации сообществ водных организмов и выделены их региональные особенности. Исследования показали, что водная экосистема Нижней Волги функционирует в условиях нарушения ее экологического состояния за счет усиления экологического регресса.

*Ключевые слова:* Нижняя Волга, биогенные и загрязняющие вещества, структура гидробиоценозов, экологический регресс сообществ.

DOI: 10.7868/S0321059613060102

Изучение региональных особенностей изменчивости биотической и абиотической компонент водных экосистем служит фундаментом для понимания особенностей их структурно-функциональной организации, поскольку антропогенное воздействие отражается в первую очередь на состоянии водной среды.

Для объективной оценки каких-либо изменений водных экосистем необходим системный подход, дающий целостную картину трансформации комплекса параметров, позволяющих объяснить суть причинных связей “воздействие — эффект воздействия”.

Для ответа на первостепенные вопросы: в чем состоят изменения водных экосистем, где предел допустимых нагрузок и каковы будут последующие их преобразования — требуется комплексная многолетняя режимная информация о химико-биологическом состоянии экосистем и происходящих в них качественных и количественных перестройках.

К настоящему времени назрела необходимость систематизации комплексной режимной информации о региональных особенностях состояния водных экосистем при антропогенном воздействии на них, полученной за последние десятилетия в системе Государственной службы на-

блюдений (ГСН) за состоянием окружающей среды. Решение такой задачи представлено в настоящей статье на примере водной экосистемы Нижней Волги.

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНУЮ ЭКОСИСТЕМУ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Как было показано в [4], водная экосистема Нижней Волги испытывает влияние источников загрязнения разного масштаба и разной степени опасности. Антропогенное влияние на экологическое состояние нижних участков р. Волги происходит за счет таких региональных факторов, как перенос загрязненных сточных вод вниз по течению реки; сброс загрязненных и недостаточно очищенных сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных на водосборе нижнего течения реки; влияние маломерного флота; регулирование речного стока и др. Все это обуславливает снижение самоочищающей способности реки. Значительное влияние на состояние водных экосистем оказывают и локальные источники загрязнения в акватории Нижней Волги.

**Таблица 1.** Характеристики загрязненности водной среды экосистемы Нижней Волги

Участок Нижней Волги	Пункт режимных наблюдений	Критические показатели загрязненности	Случаи высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) воды
р. Волга	с. Верхнее Лебяжье	Соединения Cu Соединения Zn Нефтепродукты Фенолы	ВЗ по соединениям нитритного N, фенолам, нефтепродуктам, сероводороду, соединениям Cu, соединениям Zn, ДДТ; ЭВЗ по нефтепродуктам
рук. Бузан	г. Астрахань		
рук. Кривая Болда	с. Красный Яр		
рук. Камызяк	Выше истока протоки Рычан		
рук. Ахтуба, протока Кигач	г. Камызяк		
	с. Подчалык		

Перечисленные выше региональные и локальные факторы воздействия в совокупности приводят к изменению компонентного состава водной среды и возникновению опасности того, что показатели загрязненности по многим загрязняющим веществам (**ЗВ**) станут критическими, накопление которых приводит к повышению частоты случаев высокого (**ВЗ**) и экстремально высокого загрязнения (**ЭВЗ**) воды (табл. 1). Для водной экосистемы Нижней Волги таковые – соединения Cu, Zn, нефтепродукты и фенолы.

Расчеты удельного комбинаторного индекса загрязненности воды [5] показали, что воду на всех исследуемых участках в 1985–2000 гг. по степени загрязненности важнейшими **ЗВ** можно оценить как “грязную”, а в новом тысячелетии – как переходную от “грязной” к “очень загрязненной” [4].

Оценить состояние водных экосистем можно по расчетным характеристикам – доле и степени антропогенного воздействия, учитывающих все **ЗВ**, концентрации которых превышают ПДК и влияют на формирование компонентного состава водной среды [6]. На всех участках Нижней Волги состояние экосистем по степени антропогенного воздействия характеризуется как критическое, при котором скорость внутриводоемных биохимических процессов восстановления водных экосистем – ниже темпов антропогенных нарушений и происходит обратимая замена прежде существовавших экологических систем менее продуктивными [6].

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Анализ многолетней (1981–2009 гг.) режимной гидрохимической информации ГСН [1] показал, что на фоне тенденции повышения в водной среде нижних участков р. Волги содержания важней-

ших **ЗВ** до концентраций, в десятки раз превышающих их ПДК (рис. 1), отмечаются следующие изменения гидрохимического режима:

нарушение режима растворенного в воде кислорода за счет снижения его концентрации до 2.17–2.73 и повышения до 18.0–21.1 мг/дм<sup>3</sup> на участках ниже г. Астрахани и в рук. Бахтемир у с. Ильинка (табл. 2);

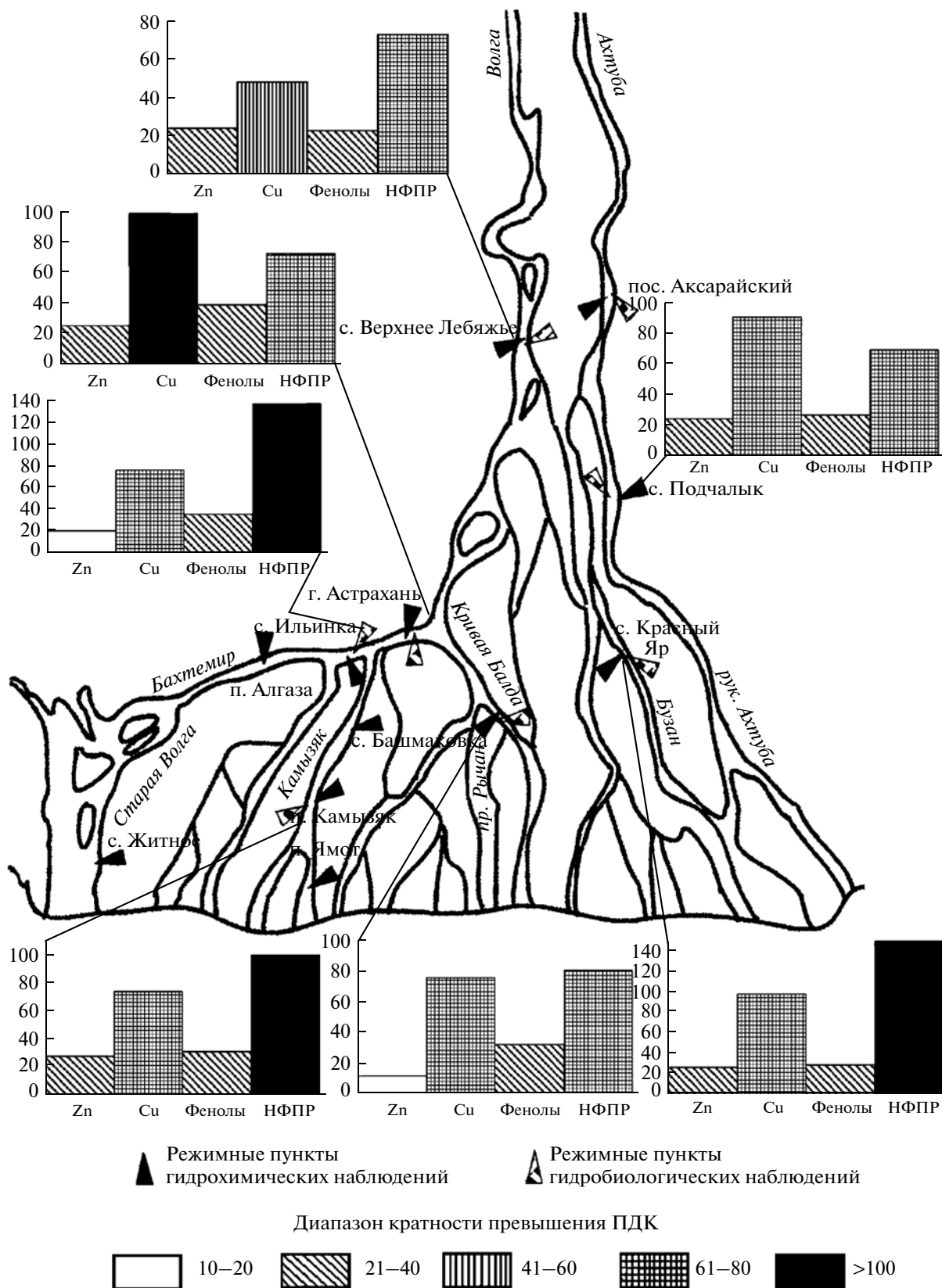
повышение содержания в водной среде минеральных форм N, P до уровня, превышающего предельно допустимые экологические концентрации (**ПДЭК**), условно принятые для эвтрофных водоемов [3, 7] (табл. 2);

нарушение природной внутригодовой изменчивости концентраций в водной среде биогенных веществ, для которых в естественных условиях характерен их рост зимой и весной и снижение до значений ниже предела их обнаружения в вегетационный период (рис. 2).

Изменчивость гидрохимического режима и компонентного состава водной среды на исследуемых участках влечет за собой трансформацию ее экологического состояния за счет структурной перестройки либо отдельных сообществ водных организмов, либо гидробиоценозов в целом.

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАЗВИТИИ И СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДНЫХ СООБЩЕСТВ

Анализ многолетней (1984–2009 гг.) режимной гидробиологической информации ГСН [2] по качественным и количественным показателям развития сообществ водных организмов показал, что антропогенное воздействие проявляется, прежде всего, в пространственно-временной неоднородности развития планктонных и бентосных сообществ (табл. 3).



**Рис. 1.** Пространственная изменчивость кратности превышения ПДК по важнейшим ЗВ в водной среде Нижней Волги.

**Таблица 2.** Пространственная изменчивость диапазонов колебаний концентрации растворенного в воде кислорода и кратности превышения ПДЭК по биогенным элементам в водной среде Нижней Волги

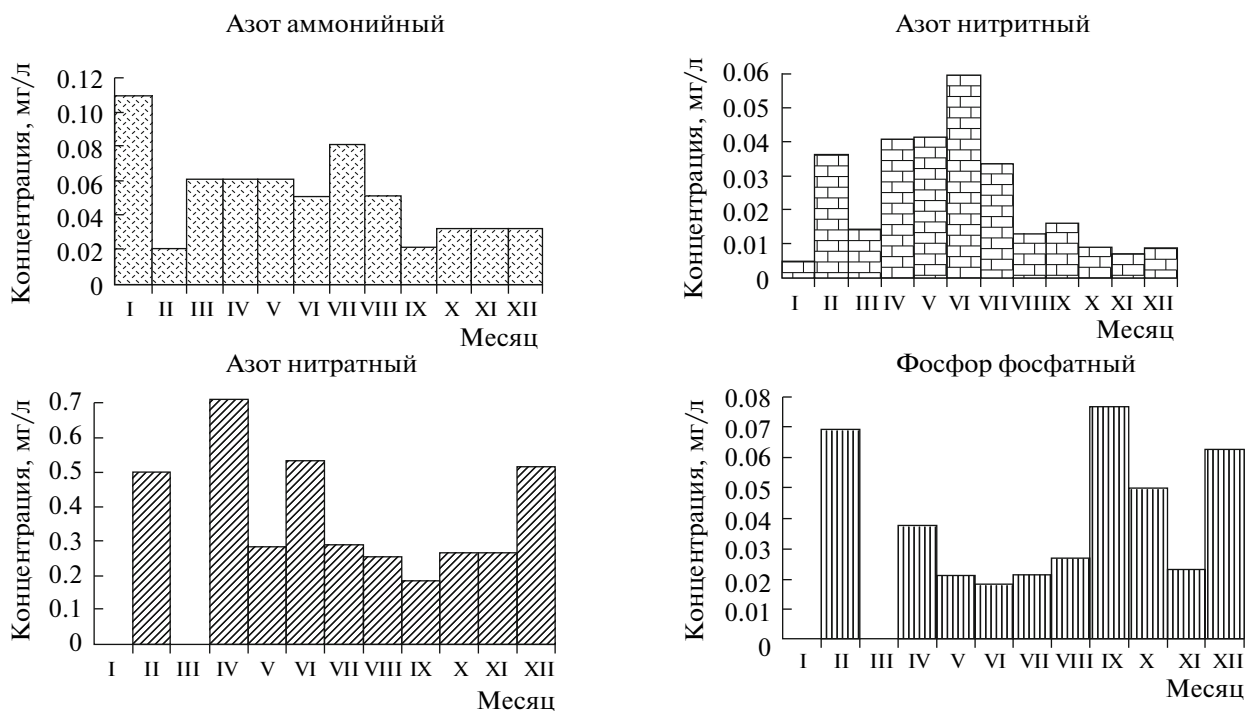
Участок Нижней Волги	Пункт режимных наблюдений	Диапазоны колебаний				
		концентрации растворенного в воде кислоро- да, мг/дм <sup>3</sup>	кратности превышения ПДЭК			по фосфору фосфатному (0.020 мг P/дм <sup>3</sup> )
			по азоту, мг N/дм <sup>3</sup>			
			аммонийному (0.30)*	нитритному (0.010)	нитратному (0.30)	
р. Волга	с. Верхнее Лебяжье	5.60–17.2	<0.2–3.3	<0.2–39.0	<0.01–4.2	<0.1–4.8
	г. Астрахань, ниже города	2.17–21.1	<0.2–1.1	<0.2–38.0	<0.01–5.6	<0.1–9.1
рук. Бахтемир	с. Ильинка	2.73–18.0	<0.2–1.5	<0.2–48.0	<0.01–6.9	<0.1–6.8
рук. Камызяк	г. Камызяк	6.04–16.2	<0.2–1.3	<0.2–29.0	<0.01–12.0	<0.1–8.5
рук. Кривая Болда	Выше истока протоки Рычан	3.70–15.3	<0.2–3.1	<0.2–62.0	<0.01–7.2	<0.1–11.0
рук. Бузан	с. Красный Яр	6.04–17.4	<0.2–2.3	<0.2–23.0	<0.01–12.0	<0.1–29.0
рук. Ахтуба, протока Кигач	с. Подчалык	5.48–17.5	<0.2–1.4	<0.2–62.0	<0.01–5.9	<0.1–28.0

\* Приведены ПДЭК для эвтрофных водоемов [3, 7].

### Фитопланктонные сообщества

На фоне неоднородного пространственного распределения сообщества (от 0.08–16.7 тыс. кл/см<sup>3</sup> в р. Волге у с. Верхнее Лебяжье до 0.02–

131.0 тыс. кл/см<sup>3</sup> в рук. Ахтуба у с. Подчалык) в начале 1990-х гг. наметилась тенденция снижения общей численности фитопланктона и числа видов, а в новом тысячелетии функционирование сооб-



**Рис. 2.** Внутригодовая изменчивость среднееголетних месячных концентраций минеральных форм N и P в водной среде р. Волги у с. Верхнее Лебяжье.

**Таблица 3.** Пространственная изменчивость показателей развития планктонных и бентосных сообществ на нижних участках р. Волги (здесь и в табл. 4–9 ПОС – правобережные очистные сооружения)

Пункт режимных наблюдений	Диапазон колебаний численности			
	фитопланктона, тыс. кл/см <sup>3</sup>	зоопланктона*, тыс. экз/м <sup>3</sup>	макрозообентоса, тыс. экз/м <sup>2</sup>	относительной численности олигохет, %
с. Верхнее Лебяжье	0.08–16.7	0.11–175	0.01–29.7	0–94
г. Астрахань, пос. ЦКК	0.04–59.9	0.04–340	0.02–17.4	0–99
г. Астрахань, ПОС	0.060–33.4	0.03–200	0.01–20.3	0–100
рук. Бахтемир, с. Ильинка	0.02–37.6	0.006–175	н.о.–43.2	0–93
рук. Камызяк, г. Камызяк	0.04–27.3	н/д	0.02–35.8	0–92
рук. Кривая Болда, протока Рычан	0.02–37.1	0.04–135	0.02–16.4	0–100
рук. Бузан, с. Красный Яр	0.03–125	0.02–212	0.03–49.1	0–91
рук. Ахтуба, с. Подчалык	0.02–131	0.04–100	0.02–62.1	0–92

\* По зоопланктону приведены данные за 1984–1997 гг., позднее определения не проводились.

**Таблица 4.** Временная изменчивость показателей развития фитопланктонного сообщества на нижних участках р. Волги (численность выражена в тыс. кл/мл)

Пункт режимных наблюдений	Показатель	Периоды, годы				
		1985–1989	1990–1994	1995–1999	2000–2004	2005–2009
с. Верхнее Лебяжье	Численность	0.08–16.7	0.08–8.70	0.17–2.69	0.08–2.22	0.09–2.82
	Число видов	11–82	3–46	1–31	17–36	17–36
г. Астрахань, пос. ЦКК	Численность	0.17–59.9	0.06–9.78	0.04–2.64	0.28–8.84	0.21–3.02
	Число видов	10–65	2–48	8–42	13–38	18–41
г. Астрахань, ПОС	Численность	0.15–33.4	0.07–6.32	0.06–1.41	0.12–3.15	0.16–3.76
	Число видов	9–104	6–55	5–37	14–37	18–41
рук. Бахтемир, с. Ильинка	Численность	0.27–21.9	0.02–7.50	0.02–3.08	0.07–4.39	0.13–4.19
	Число видов	5–71	1–31	9–44	9–38	20–38
рук. Камызяк, г. Камызяк	Численность	0.53–27.3	0.04–4.19	0.05–5.23	0.14–3.28	0.16–5.23
	Число видов	13–58	3–38	7–33	17–39	14–35
рук. Кривая Болда, протока Рычан	Численность	0.58–37.1	0.03–4.56	0.02–1.79	0.14–3.33	0.07–1.26
	Число видов	10–55	7–22	6–31	16–36	17–35
рук. Бузан, с. Красный Яр	Численность	0.55–125	0.08–15.7	0.03–2.35	0.11–3.36	0.16–2.72
	Число видов	15–63	3–35	5–36	15–40	21–33
рук. Ахтуба, протока Кигач, с. Подчалык	Численность	0.12–131	0.02–4.31	0.06–2.28	0.06–4.18	0.17–3.53
	Число видов	17–90	6–38	8–31	15–39	20–32

щества стабилизировалось при пониженном его развитии на всех исследуемых участках (табл. 3, 4).

Перестройка фитопланктонного сообщества сопровождалась заметным изменением структуры доминирующего комплекса за счет усиления развития в 2001–2009 гг. таких видов, как *Aulacosira granulata*, *Lyngbya limnetica* и *Exuvuella cordata*.

Несмотря на редкость аномально высокой численности фитопланктона на исследуемых нижних участках р. Волги в 1984–2000 гг., можно

говорить о периодическом усилении антропогенного эвтрофирования, вызывающего заметные изменения структуры сообществ за счет модификации видового состава доминирующего комплекса и тенденции к доминированию таких видов синезеленых, как *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis pulverea*, *Aphanizomenon flos-aquae* (табл. 5).

Незначительное усиление развития фитопланктонных сообществ в 2001–2009 гг. сопровождалось выходом на доминирующее положение

Таблица 5. Характеристика доминирующего комплекса фитопланктонного сообщества Нижней Волги в периоды его максимального развития

Пункт режимных наблюдений	Массовые виды, их максимальная численность					
	1984–2000 гг.			2001–2009 гг.		
	Дата отбора пробы, месяц, год	Численность, тыс. кл/мл	Массовые виды, их относительная численность, %	Дата отбора пробы, месяц, год	Численность, тыс. кл/мл	Массовые виды, их относительная численность, %
с. Верхнее Лебяжье	10.1989	16.7	Microcystis aeruginosa, 39 Aphanizomenon flos-aquae, 30	07.2008	2.82	Aulacosira granulate, 43 Lyngbya limnetica, 20
г. Астрахань, пос. ЦКК	10.1989	59.9	Aphanizomenon flos-aquae, 68 Microcystis aeruginosa, 26	08.2001	8.84	Aulacosira granulate, 60 Microcystis pulverea, 25
г. Астрахань, ПОС	10.1989	33.4	Microcystis pulverea, 34 Microcystis aeruginosa, 34	08.2005	3.76	Aulacosira granulate, 47 Anabaena bergii, 17
рук. Бахтемир, с. Ильинка	10.1984	37.6	Microcystis aeruginosa, 93	2001 08.2007	4.39 4.19	Lyngbya limnetica, 58 Aulacosira granulate, 19
рук. Камызяк, г. Камызяк	10.1989	27.3	Microcystis pulverea, 50 Microcystis aeruginosa, 22	07.2005	5.23	Lyngbya limnetica, 38 Aphanizomenon flos-aquae, 19 Aulacosira granulate, 18
рук. Кривая Болда, протока Рычан	10.1989	37.1	Microcystis pulverea, 48 Microcystis aeruginosa, 40	05.2002	3.33	Stephanodiscus hantzschii, 47 Nitzschia paleacea, 25
рук. Бузан, с. Красный Яр	10.1984 08.1985 10.1989	63.0 100.0 125.0	Microcystis pulverea, 66 Microcystis pulverea, 84 Microcystis pulverea, 43 Microcystis aeruginosa, 42	05.2002	3.36	Stephanodiscus hantzschii, 71
рук. Ахтуба, протока Китач, с. Подчалык	10.1989	131	Microcystis aeruginosa, 60 Microcystis pulverea, 39	07.2001	4.18	Lyngbya limnetica, 36 Aphanizomenon flos-aquae, 22

ние диатомовых водорослей *Aulacosira granulata* (у с. Верхнее Лебяжье, у г. Астрахани, в рукавах Бахтемир и Камызяк) и *Stephanodiscus hantzschii* (в рукавах Кривая Болда и Бузан), синезеленых водорослей *Lyngbya limnetica* и *Aphanizomenon flos-aquae* (в рукавах Бахтемир, Камызяк, Ахтуба).

#### *Зоопланктонные сообщества*

Антропогенное влияние на развитие зоопланктона на всех исследуемых участках Нижней Волги проявляется, в первую очередь, в усилении пространственно-временной изменчивости количественных показателей развития сообщества и расширении диапазонов колебания его численности от 0.05–55.0 тыс. экз/м<sup>3</sup> в протоке Кигач до 0.04–340.0 тыс. экз/м<sup>3</sup> в р. Волге у г. Астрахани (табл. 6).

Однако диапазоны наиболее часто встречаемых значений (НЧВЗ) численности зоопланктонных сообществ на исследуемых участках Нижней Волги меняются незначительно: от 1.0–11.0 тыс. экз/м<sup>3</sup> (рук. Ахтуба) до 1.0–19.0 тыс. экз/м<sup>3</sup> (рук. Бахтемир).

К наиболее часто встречаемым доминирующим видам зоопланктона Нижней Волги следует отнести *Bosmina longirostris*, *Brachionus calyciflorus*, *Daphnia longispina* в русле реки и *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata*, *Daphnia longispina*, *Nauplii* в рукавах и протоках устьевой области (табл. 6).

Периодически наблюдаемые на всех исследуемых участках аномально высокие значения общей численности зоопланктонных сообществ превышали наиболее часто встречаемые максимальные значения в 5–19 раз, что было вызвано усилением развития и выходом на доминирующее положение *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata*, *Bosmina longirostris* (табл. 7).

#### *Макрозообентосные сообщества*

Пространственно-временное распределение общей численности бентофауны весьма неоднородно. За исследуемый период (1984–2009 гг.) диапазон колебания численности макрозообентосных сообществ менялся от 0.07–16.4 тыс. экз/м<sup>2</sup> в рук. Кривая Болда до 0.03–62.1 тыс. экз/м<sup>2</sup> в рук. Ахтуба (табл. 3). Повышение общей численности сообщества происходило в периоды его максимального развития в основном за счет усиления развития группы олигохет (табл. 8).

По мере продвижения вниз по течению реки на фоне возрастания численности олигохет в этот период наблюдалось снижение общей численно-

сти и биомассы остальных групп бентосных организмов. В числе основных причин этого – интенсивное органическое загрязнение этих участков реки, но его нельзя назвать значительным, так как в состав макрозообентоса на всех исследуемых участках входит группа высших ракообразных – менее многочисленная, но играющая немаловажную роль в развитии бентофауны. Она представлена довольно большим количеством видов, среди которых – многие оксифильные виды.

Периодическое повышение в начале нового тысячелетия численности макрозообентоса до 3.62–9.21 тыс. экз/м<sup>2</sup> ниже г. Астрахани у пос. ЦКК (Целлюлозно-картонный комбинат) и с. Ильинка сопровождается усилением развития ракообразных. Это ставит под сомнение вывод об угнетении развития бентофауны. Скорее, речь идет о локальном токсическом воздействии на данных участках Нижней Волги.

Эффект антропогенного воздействия на водную экосистему можно оценить по результатам статистической обработки многолетних данных о распределении общей численности фитопланктонных сообществ [6]. Рассчитанные значения плотности и моды вариационного ряда численности сообщества показали, что с 1984 по 2000 г. состояние водной экосистемы Нижней Волги характеризовалось как антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования, а в начале нового тысячелетия в развитии гидробиоценозов проявляются элементы экологического регресса (табл. 9).

#### ВЫВОДЫ

Анализ многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации ГСН показал, что водная экосистема Нижней Волги функционирует в условиях повышенного антропогенного воздействия. Экологические последствия такого воздействия проявляются, в первую очередь, в изменении компонентного состава и повышении степени загрязненности водной среды за счет высокого содержания в ней биогенных веществ и токсичных соединений до концентраций, в десятки раз превышающих ПДЭК и ПДК.

Существенное изменение состояния водной среды приводит к периодическому усилению на отдельных участках процессов антропогенного эвтрофирования или экологического регресса.

Характерные особенности многолетней сукцессии водных сообществ в низовьях р. Волги следующие:

**Таблица 6.** Пространственная изменчивость показателей развития зоопланктона Нижней Волги (числитель – общий диапазон колебания, знаменатель – модальный интервал показателя)

Пункт режимных наблюдений	Диапазоны колебаний		Доминирующие виды* (наиболее часто встречаемые)
	численности, тыс. экз/м <sup>3</sup>	числа видов	
р. Волга (главное русло)			
с. Верхнее Лебяжье	$\frac{0.11-175}{0.75-14.0}$	$\frac{2-21}{2-9}$	<i>Bosmina longirostris</i> <i>Daphnia cuculata</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>Keratella quadrata</i>
г. Астрахань, пос. ЦКК выше города	$\frac{0.04-340}{1.19-18.0}$	$\frac{1-24}{9-19}$	<i>Bosmina longirostris</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>Keratella quadrata</i>
г. Астрахань, ниже города	$\frac{0.03-200}{1.52-19.0}$	$\frac{1-24}{7-17}$	<i>Bosmina longirostris</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Keratella quadrata</i> <i>Strenius pectinota</i> <i>Nauplii</i> <i>Asplanchna priodonta</i>
Рукава и протоки			
рук. Бахтемир, с. Ильинка	$\frac{0.06-175}{1.0-19.0}$	$\frac{1-22}{11-22}$	<i>Keratella quadrata</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> и <i>angularis</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>Eurytemora grimmii</i> и <i>dilatata</i> <i>Synchaeta pectinata</i>
рук. Ахтуба, протока Кигач ниже с. Подчалык	$\frac{0.05-55}{1.0-11.0}$	$\frac{1-13}{3-8}$	<i>Bosmina longirostris</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>Asplanchna priodonta</i> <i>Nauplii</i> <i>Copepoditii</i>
рук. Бузан, с. Красный Яр	$\frac{0.02-212}{0.9-16.0}$	$\frac{1-19}{3-9}$	<i>Keratella quadrata</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Keratella cochlearis</i> <i>Alona affinis</i> <i>Polyarthra affinis</i> <i>Nauplii</i> <i>Copepoditii</i>
рук. Кривая Болда, протока Рычан	$\frac{0.04-135}{0.70-14.0}$	$\frac{1-19}{3-9}$	<i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Nauplii</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>Synchaeta pectinata</i> <i>Euchlanus dilatata</i> <i>Arcella vulgaris</i>
рук. Камызяк, г. Камызяк	$\frac{0.04-100}{1.3-19.0}$	$\frac{2-19}{2-8}$	<i>Copepoditii</i> <i>Keratella quadrata</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Polyarthra dolichoptera</i> <i>Bosmina longirostris</i>

\* Доминирующие виды перечислены по мере убывания частоты их встречаемости.



**Таблица 7.** Характеристики зоопланктонных сообществ Нижней Волги в периоды их максимального развития

Пункт режимных наблюдений	Дата отбора пробы, месяц, год	Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>	Число видов	Доминирующий вид, его относительная численность, %
р. Волга (главное русло)				
с. Верхнее Лебяжье	08.1981	175	8	Copepoditii, 29
г. Астрахань, пос. ЦКК	05.1981	340	10	Brachionus calyciflorus, 36
	05.1982	141	23	Keratella quadrata, 29 Brachionus calyciflorus, 22
г. Астрахань, ниже города	05.1981	150	8	Brachionus calyciflorus, 34
	05.1982	105	17	Keratella quadrata, 28 Brachionus calyciflorus, 31
	05.1985	180	21	Brachionus calyciflorus, 29
Рукава и протоки				
рук. Бахтемир, с. Ильинка	06.1981	175	5	Keratella quadrata, 44
	05.1984	142	22	Keratella quadrata, 38
	05.1985	168	22	Brachionus calyciflorus, 32 Bosmina longirostris, 34
рук. Бузан, с. Красный Яр	05.1981	200	5	Keratella quadrata, 38
	05.1982	119	22	Keratella quadrata, 36 Brachionus calyciflorus, 20
	05.1984	212	15	Keratella quadrata, 28 Brachionus calyciflorus, 18
рук. Кривая Болда, протока Рычан	05.1981	135	3	Brachionus calyciflorus, 40
	05.1984	106	12	Keratella quadrata, 35 Brachionus calyciflorus, 17

**Таблица 8.** Структура макрозообентосных сообществ Нижней Волги в период их максимального развития

Пункт режимных наблюдения	Дата отбора пробы, месяц, год	Численность, тыс. экз/м <sup>2</sup>	Доминирующая группа, ее относительная численность, %
р. Волга, с. Верхнее Лебяжье	10.1986	29.7	Олигохеты, 46 Хирономиды, 41
	10.2003	2.85	Олигохеты, 88
г. Астрахань, пос. ЦКК	07.1988	17.4	Олигохеты, 64
	10.2003	3.62	Ракообразные, 99
рук. Бахтемир, с. Ильинка	07.1983	43.2	Хирономиды, 85
	10.2003	9.21	Ракообразные, 97
рук. Камызяк, г. Камызяк	10.1985	35.8	Олигохеты, 54
	07.1988	30.2	Олигохеты, 70
рук. Кривая Болда, протока Рычан	10.1990	16.4	Олигохеты, 94
рук. Бузан, с. Красный Яр	10.1986	33.0	Олигохеты, 58
	07.1988	49.1	Олигохеты, 71
рук. Ахтуба, протока Кигач, с. Подчалык	07.1988	62.1	Олигохеты, 92

для фитопланктона — расширение диапазона колебания общей численности, тенденция снижения видового разнообразия сообщества и перестройка видового состава доминирующего комплекса в сторону усиления развития одного—двух видов синезеленых водорослей в периоды усиле-

ния процесса антропогенного эвтрофирования и развития  $\beta$ - $\alpha$ ,  $\alpha$ -сапробных видов при усилении процесса экологического регресса;

для зоопланктона — расширение диапазона колебания общей численности за счет повышения частоты встречаемости как аномально низ-

**Таблица 9.** Эффект антропогенного воздействия на водную экосистему Нижней Волги ( $P_o$  и  $M_{оч}$  – соответственно плотность и мода вариационного ряда значений общей численности фитопланктона [6])

Пункт наблюдений	Статистические характеристики общей численности фитопланктона					
	1984–2000 гг.			2001–2009 гг.		
	$P_o$ , %	$M_{оч}$ , тыс. кл/мл	эффект антропогенного воздействия	$P_o$ , %	$M_{оч}$ , тыс. кл/мл	эффект антропогенного воздействия
с. Верхнее Лебяжье	9	6.6	Антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования	61	0.67	Элементы экологического регресса
г. Астрахань, пос. ЦКК	4	10.8		49.6	1.13	

ких, так и высоких значений с тенденцией выхода на доминирующее положение видов *Brachionus calyciflorus*, *Bosmina longirostris*, *Keratella quadrata*;

для макрозообентоса – уменьшение видового разнообразия за счет исчезновения индикаторных видов – представителей чистых вод и повышение относительной численности олигохет.

Проведенные исследования показали, что характер и степень антропогенного воздействия на водную экосистему Нижней Волги – в настоящее время определяющий фактор усиления процесса экологического регресса, вызывающего перестройку структурной организации планктонных и бентосных сообществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодники качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территории деятельности Северо-Кавказского УГМС за 1981–2009 гг. Ростов-на-Дону, 1982–2010.
2. Ежегодники качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям на территории деятельности Северо-Кавказского УГМС (бассейн Нижней Волги) за 1981–2009 гг. Ростов-на-Дону, 1982–2010.
3. Жукинский В.Н., Оксюк О.П. Методологические основы экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1983. Т. XIX. № 2. С. 59–67.
4. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С. и др. Роль речного притока растворенных химических веществ в антропогенной трансформации состояния водной среды устьевой области реки Волга // Вода: химия и экология. 2010. № 7. С. 6–12.
5. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. С. 33.
6. Р 52.24.661-2004. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 26 с.
7. Цеев Я.Я., Денисова А.И., Приймаченко А.Д. О предельно допустимых концентрациях биогенных веществ в воде водоемов. Киев, 1978. 19 с.