

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕГАПОЛИСОВ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ЭКОЛОГО- ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ<sup>1</sup>

© 2011 г. А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая, Т. В. Миронова

*Гидрохимический отдел Института водных проблем Российской академии наук*

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

Поступила в редакцию 12.02.2010 г.

Проведен анализ данных многолетних наблюдений Росгидромета, собственных исследований авторов по гидрохимическим, гидробиологическим и биотестовым показателям и соответствующих публикаций в районе мегаполисов — городов Ростова-на-Дону (р. Дон) и Новосибирска (р. Обь). Установлены сходные и отличительные характеристики качества воды рек по этим эколого-токсикологическим показателям, выявлены тенденции долговременных межгодовых изменений качества воды, определены критерии и показатели, отражающие влияние городов на водные объекты, расположенные на их территории. Идентичность ряда химико-токсикологических критериев и показателей влияния городов юга России и Западной Сибири на водные объекты позволяет предполагать возможность их использования на урбанизированных территориях и в других регионах. На примере Нижнего Дона показано, что в загрязнении воды металлами основную роль играет сброс сточных вод, тогда как загрязнение реки нефтепродуктами и сульфатами непосредственно с этим не связано.

*Ключевые слова:* поверхностные водные объекты, мегаполисы, гидрохимические, гидробиологические, биотестовые показатели.

Мегаполисы — сложные многофункциональные природно-антропогенные системы, которые оказывают значительные и многообразные антропогенные воздействия на окружающую среду, включая водные экосистемы. Несмотря на внимание к этой проблеме [1, 2, 4], показатели и индикаторы, отражающие непосредственное влияние крупных городов на водные объекты, расположенные на их территории, не всегда обоснованы. В разных источниках состояние водных объектов и его изменения под влиянием антропогенных воздействий, в том числе урбанизации, оцениваются на основе разных методических подходов, которые дают противоречивые результаты [4, 12].

Для изучения влияния урбанизации на качество воды поверхностных водных объектов, расположенных на урбанизированных территориях РФ в различных физико-географических условиях, предполагалось

провести анализ данных многолетних наблюдений Росгидромета и научных исследований авторов по гидрохимическим, гидробиологическим и токсикологическим (биотестовым) показателям;

<sup>1</sup> Работа выполнена по программе № 13 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН “Формирование водных ресурсов, прогноз режима и качества вод с учетом изменения климата и развития экономики”.

разработать и выбрать критерии и показатели долговременных тенденций изменения качества воды рек на урбанизированных территориях, определить тенденции изменений концентраций характерных загрязняющих веществ (ЗВ) для оценки степени загрязнения водных объектов;

выявить показатели, отражающие непосредственное влияние города на качество воды водных объектов в пределах его территории, для чего попытаться найти “фоновый” створ для сравнения со створами в зоне влияния города. Очевидно, что такой створ фактически будет “антропогенно-измененным” природным фоном, т.е. будет условно чистым. В настоящее время антропогенное влияние (поверхностный сток с водосборов, загрязнение атмосферного воздуха и другие факторы) привело к тому, что даже в устьях высокогорных рек встречаются только условно чистые природные воды (подробно эта проблема рассмотрена в [6]).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Использованы данные многолетних наблюдений государственной сети Росгидромета (Северо-Кавказского и Западно-Сибирского управлений) на реках в зоне влияния городов Ростова-на-Дону (р. Дон, данные за 1988–2005 гг.) и Новосибирска



**Рис. 1.** Карта-схема расположения створов в пункте наблюдений “г. Ростов-на-Дону”. Створы: 1 – 6,5 км выше города, 2 – водозабор, 3 – 0,5 км ниже устья р. Темерник, 4 – 1 км ниже города, 0,5 км ниже сбросов ПУ “Водоканал”.

(р. Обь и малые реки на территории города, данные за 1994 и 1999–2006 гг.). Эти города – крупные административные, промышленные, культурные и научные центры с высокой концентрацией населения и интенсивной антропогенной нагрузкой.

Основное негативное воздействие на реки этих территорий оказывают предприятия жилищно-коммунального хозяйства, энергетической, химической, металлургической, сельскохозяйственной, пищевой и других отраслей промышленности, судоходство и маломерный флот. Главные источники загрязнения водных объектов на территории городов Ростова-на-Дону и Новосибирска – это хозяйственно-бытовые, производственные, ливневые сточные воды различной загрязненности, сбрасываемые непосредственно в водные объекты.

Пункты наблюдений Росгидромета “г. Ростов-на-Дону” и “г. Новосибирск” отнесены к первой категории (согласно [9]), где контроль качества и загрязненности вод проводится по наибольшему набору показателей и с наибольшей частотой.

Для исследования взяты данные наблюдений по гидрохимическим, гидробиологическим и биотестовым показателям [2, 4], а также данные собственных исследований авторов настоящей статьи [1, 6–8]. В пункте наблюдений “г. Ростов-на-Дону” использована информация по четырем створам на р. Дон (рис. 1): выше города (створ 1), в его черте (створы 2 и 3), и ниже (створ 4); в пункте наблюдений “г. Новосибирск” – по четырем створам на р. Оби: выше города (створ 1), ниже (створы 2–4) и на устьевых участках малых рек в черте города (створы 6–12) (рис. 2).

Для анализа использованы следующие показатели и расчетные критерии:

внутригодовые (“разовые”) концентрации характерных ЗВ (содержание которых превышало ПДК более чем в 50% проб [4]) для рассматриваемых рек, диапазон колебаний, медианы концентраций за год, максимальные медианы и диапазон межгодовых колебаний медиан;

доля проб со значениями, превышающими ПДК ЗВ в течение года;

удельные комбинаторные индексы загрязнения вод (УКИЗВ), рассчитанные по [10] за год;

индексы (химические критерии) токсического загрязнения вод, рассчитанные по [7] за год;

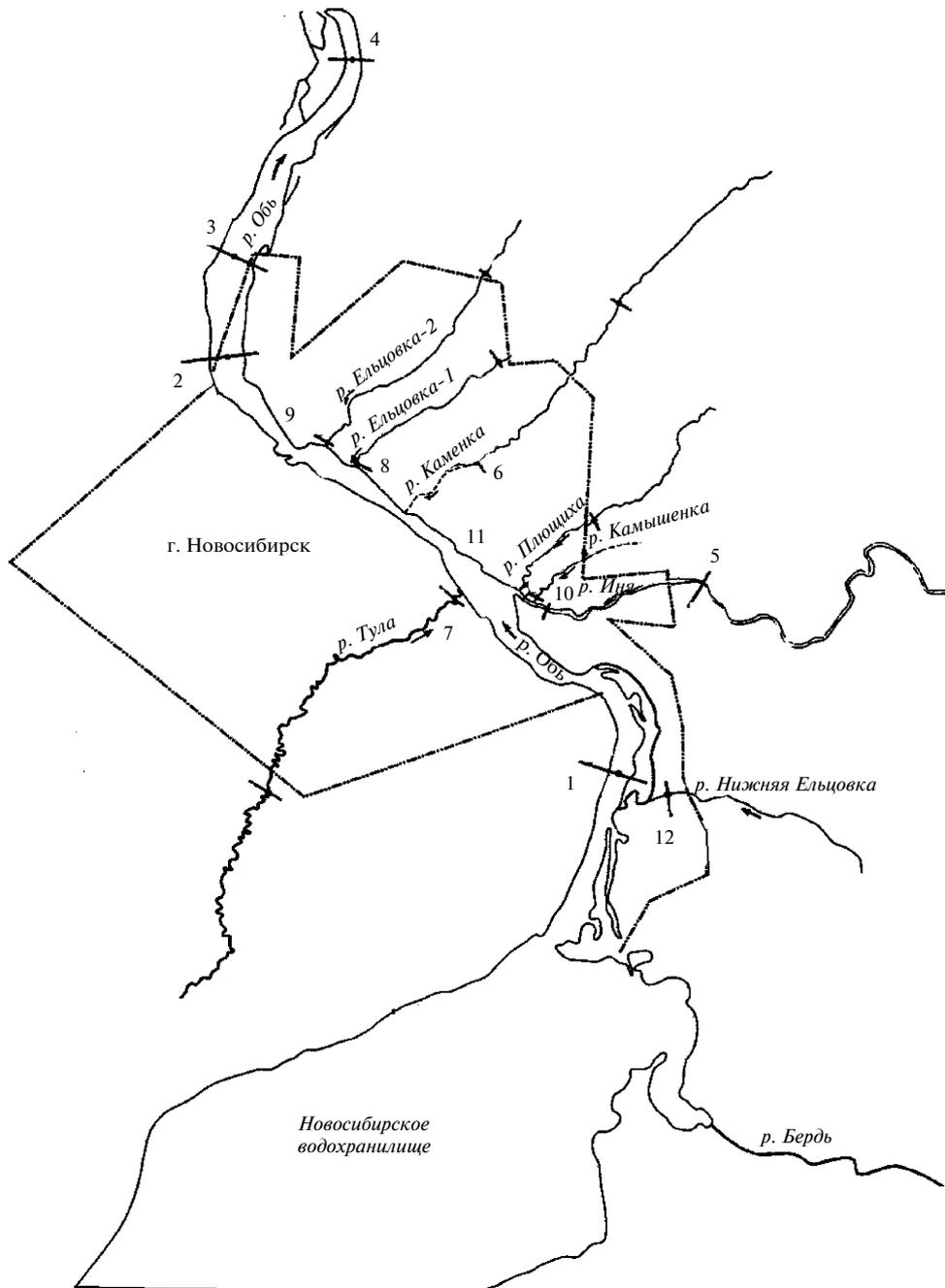
выживаемость тест-объектов при биотестировании и другие критерии токсического действия проб воды, отобранных на тех же створах в течение каждого года.

Для р. Дон также рассчитаны коэффициенты корреляции  $r$  между значениями медианных концентраций характерных загрязняющих веществ в речной воде и количествами их сбросов со сточными водами в водные объекты за многолетний период.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ многолетней информации позволил заключить, что в перечень характерных ЗВ входят

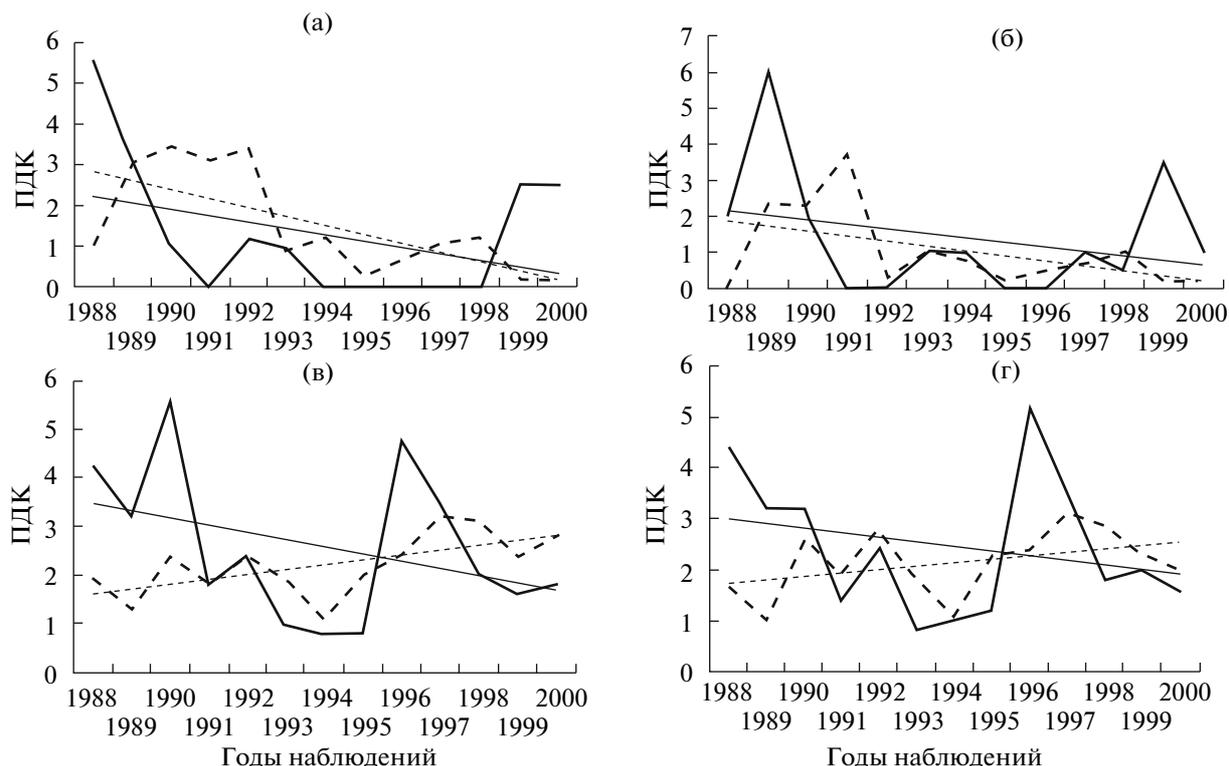
для р. Дон в районе Ростова-на-Дону – соединения меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ), железо общее ( $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ), нефтепродукты (НП), сульфаты ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), азот (N) нитритов;



**Рис. 2.** Карта-схема расположения створов в пункте наблюдений “г. Новосибирск”. Створы: 1 – 300 м ниже ГЭС, 2 – очистные сооружения, 3 – пос. Ягодное, 4 – с. Дубровино, 5 – устье р. Иня, 6 – устье р. Каменка, 7 – устье р. Тула, 8 – устье р. Ельцовка-1, 9 – устье р. Ельцовка-2, 10 – устье р. Камышенка, 11 – устье р. Плещиха, 12 – устье р. Нижней Ельцовка.

для реки Обь в районе Новосибирска – соединения  $\text{Cu}^{2+}$ , цинка ( $\text{Zn}^{2+}$ ),  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ , НП, N аммония, фенолы;

для малых рек Новосибирска (Ельцовка-1, Ельцовка-2, Каменка, Тула), помимо перечисленных ЗВ, N нитритов, легкоокисляемые органические



**Рис. 3.** Динамика концентраций загрязняющих веществ р. Дона (г. Ростов-на-Дону) в 1988–2000 гг. на створах: водо-забор ( $Y_{\text{медь}} = -0.153x + 2.357$ ,  $R^2 = 0.126$ ;  $Y_{\text{железо}} = -0.217x + 3.038$ ,  $R^2 = 0.467$  (а);  $Y_{\text{нефтепродукты}} = -0.148x + 3.619$ ,  $R^2 = 0.137$ ;  $Y_{\text{сульфаты}} = 0.098x + 1.515$ ,  $R^2 = 0.376$  (в)), 1 км ниже города ( $Y_{\text{медь}} = -0.123x + 2.25$ ,  $R^2 = 0.078$ ;  $Y_{\text{железо}} = -0.131x + 1.934$ ,  $R^2 = 0.217$ ) (б), 0.5 км ниже устья р. Темерник ( $Y_{\text{нефтепродукты}} = -0.088x + 3.057$ ,  $R^2 = 0.063$ ;  $Y_{\text{сульфаты}} = 0.070x + 1.653$ ,  $R^2 = 0.178$ ) (г). Жирная черта – соединения меди (а, б), нефтепродукты (в, г); штриховая – соединения железа (а, б), сульфаты (в, г); пунктирная и сплошная наклонная – тренды.

вещества (по БПК<sub>5</sub>), соединения ртути ( $\text{Hg}^{2+}$ ), смолистые вещества, а для р. Каменка – сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Таким образом, исследованные водные объекты (реки Дон, Обь и малые реки на территории Новосибирска) имеют сходный состав характерных ЗВ, хотя и отличаются по ряду компонентов загрязнения речных вод.

На всех рассмотренных реках отмечена высокая (до 100%) повторяемость случаев превышения ПДК ЗВ в пробах в течение года, что указывает на устойчивый (хронический) характер загрязнения.

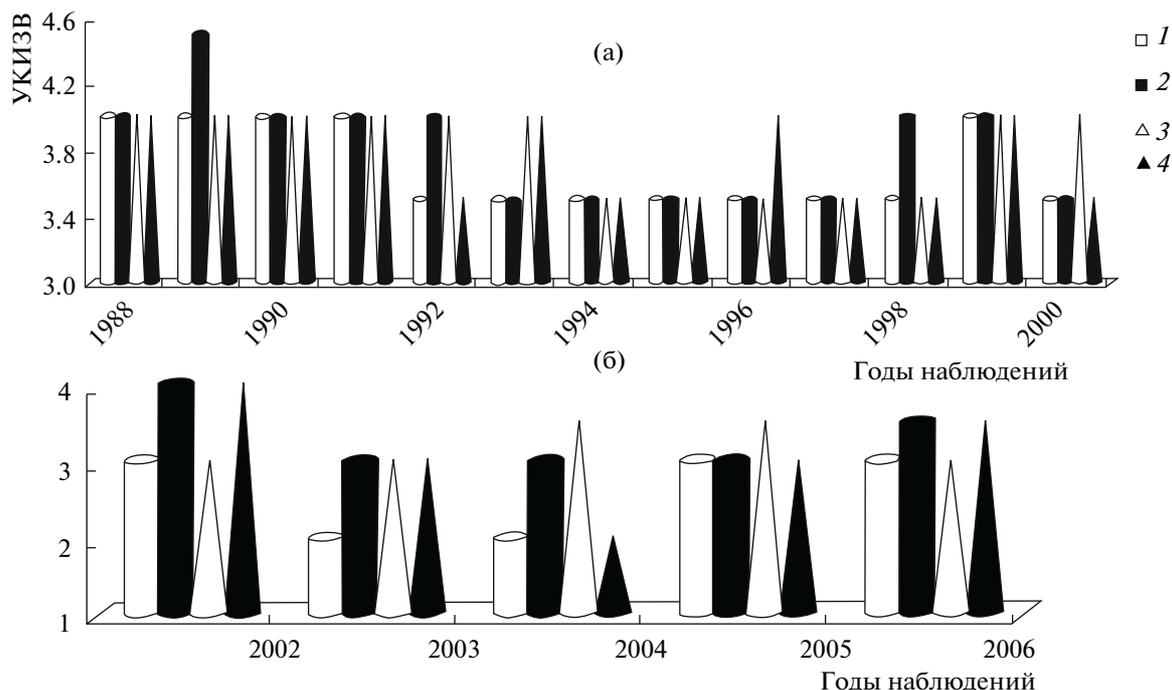
Анализ межгодовых изменений концентраций характерных ЗВ показывает, что максимальное загрязнение вод наблюдалось в конце 1980-х гг., с начала и до конца 1990-х гг. регистрировалось его снижение. Тенденции многолетних изменений концентраций соединений  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  хорошо видны только для створов, расположенных в черте и ниже г. Ростова-на-Дону (рис. 3). Динамика концентраций НП также была сходной (тренды были отрицательными), тогда как концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$ , напро-

тив, возрастали. Таким образом, тенденции долгосрочных изменений проявлялись не для всех ЗВ и не на всех створах.

Сравнение временной динамики комплексных показателей качества воды показало, что в районе Ростова-на-Дону для створа 1 показатель УКИЗВ никогда не был больше, чем на других створах (рис. 4). В районе г. Новосибирска показатели УКИЗВ для створа 1 были не выше, а даже ниже, чем на других створах. Таким образом, на реках Дон и Обь вода на створах 1 была чище, чем на других, и эти створы, расположенные выше городов Ростова-на-Дону и Новосибирска можно выделить как фоновые.

В малых реках Новосибирска (Каменка, Тула, Ельцовка-2, Камышенка, Плющиха, Нижняя Ельцовка) четкой межгодовой динамики качества воды и загрязненности по комплексным показателям не прослеживается.

Особый интерес представляет анализ токсического загрязнения водных объектов по химическим и биологическим показателям. Токсическое загрязнение вод по химическим показателям оценивали



**Рис. 4.** Оценка качества воды рек Дона (г. Ростов-на-Дону) и Оби (г. Новосибирск) по УКИЗВ. Створы: 6.5 км выше города 1, водозабор 2, 0.5 км ниже устья р. Темерник 3, 1 км ниже города 4 (а); 300 м ниже ГЭС 1, очистные сооружения 2, пос. Ягодное 3, с. Дубровино 4 (б).

по разработанным ранее критериям [7]. Как видно из табл. 1, на всех створах Дона токсичность воды была высокой, чаще всего она оценивалась как умеренно или высоко токсичная. При этом высокая токсичность воды, особенно в 1988–1991 гг., регистрировалась и на створе, расположенном выше города. Слабо токсичной и наименее грязной была вода створов 1 и 2 в 1993–1995 гг. На створе 3 слабая токсичность ни разу не была отмечена, а на створе 4 наблюдались все ранги токсичности вод. Более низкая токсичность регистрировалась в 1992–1995 гг. Таким образом, по химическим критериям токсичности воды створ 1 можно считать фоновым только в 1993–1995 гг., когда отмечалась наименьшая сум-

ма баллов (табл. 1) и наблюдалось снижение загрязненности воды Дона вследствие спада производства в начале 1990-х гг. [1].

Биотестирование токсичности воды на разных гидробионтах – ветвистоусых ракообразных (дафниях), зеленых водорослях, парамециях (исследования выполнены в 1988–2000 гг. [1, 6, 8]) – показало, что пробы воды Дона в районе Ростова-на-Дону были высоко токсичными: смертность дафний доходила до 100% за 24 ч эксперимента. Другими словами, регистрировалось острое токсическое действие воды на тест-объекты. Доля проб с токсическими свойствами была высокой (68%) (табл. 2).

**Таблица 1.** Оценка токсического загрязнения воды Нижнего Дона по химическим показателям в районе г. Ростова-на-Дону в 1988–2000 гг. Створы: 1 – 6.5 км выше города, 2 – водозабор, 3 – 0.5 км ниже устья р. Темерник, 4 – 1 км ниже города; оценка токсического загрязнения вод по [7]: СТ – слабая токсичность (3 балла), УТ – умеренная (4 балла), ВТ – высокая (5 баллов)

Створы	Токсичность воды за разные годы наблюдений												
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	ВТ	УТ	ВТ	ВТ	УТ	СТ	СТ	СТ	УТ	УТ	УТ	УТ	УТ
2	ВТ	УТ	УТ	УТ	УТ	УТ	СТ	СТ	УТ	УТ	СТ	УТ	УТ
3	ВТ	УТ											
4	ВТ	УТ	УТ	УТ	СТ	УТ	УТ	СТ	ВТ	УТ	УТ	УТ	УТ
Сумма за год, баллы [7]	20	16	17	17	15	15	14	13	17	16	15	16	16

**Таблица 2.** Биотестирование токсичности воды р. Дон в районе г. Ростова-на-Дону (1988–2000 гг.) на разных тест-объектах

Створы	Число проб с токсическим действием в биотестах (общее число проб)			
	дафнии	водоросли	парамеции	всего
1 – 6.5 км выше города	3 (4)	0 (1)	0 (1)	3 (6)
3 – 0.5 км ниже устья р. Темерник	5 (5)	1 (2)	2 (2)	8 (9)
4 – 1 км ниже города	2 (3)	1 (2)	1 (2)	4 (7)
По всем створам	10 (12)	2 (5)	3 (5)	15 (22)

**Таблица 3.** Оценка токсичности и качества воды рек г. Новосибирска по данным биотестирования в разные годы наблюдений. Створы: 1 – 300 м ниже ГЭС (выше г. Новосибирска), 2 – очистные сооружения (ниже г. Новосибирска), 3 – пос. Ягодное (ниже г. Новосибирска), 4 – с. Дубровино (ниже г. Новосибирска); Т – среднегодовая острая токсичность, %; класс качества воды (К) по Т: 2 – слабая токсичность, 3 – умеренная, 4 – высокая, 5 – экстремальная (прочерк – отсутствие данных)

Водные объекты	1994 г.		1999 г.		2000 г.		2002 г.		2003 г.		2004 г.		2005 г.		2006 г.	
	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К	Т	К
р. Обь, створы																
1	11.1	2–3	14	3	14.7	3	8.5	2	11	2–3	9.5	2	5.8	2	9.7	2
2	18.4	3	17	3	18.7	3	14.0	2–3	14	3	12.5	3	10.9	2–3	15.8	3
3	21.1	3	12	3	7.7	2	16.0	2–3	11	2–3	12.4	3	8.8	2–3	12.8	2–3
4	–	–	–	–	–	–	12.3	2	9.3	2	9.0	2	7.6	2–3	12.4	2–3
Малые реки, створы 5–12	22.5–50.3	3–4	13–32	3	5.8–25.3	2–3	13.6–90.0	3–5	10–53	2–4	9–18	2–3	10.3–23.3	2–3	13.3–24.4	3

Чаще всего острая токсичность воды обнаруживалась на участке впадения в Дон р. Темерник (створ 2), причем доля токсичных проб здесь составила 88%. В створах 1 и 3, расположенных выше и ниже города, токсическое действие воды на гидробионтов оказывало примерно 50% проб. Таким образом, токсичность воды обнаружена на всех обследованных створах пункта наблюдений “г. Ростов-на-Дону”, причем отличия на фоновых створах по данным биотестирования воды Дона четко не прослеживались.

Анализ результатов биотестирования воды р. Оби за 1994, 1999–2006 гг. (оценка токсичности проводилась согласно ПНДФ Т 14.1:2:3:4.5-2000 по критерию токсичности воды Т, %, и классам качества воды по токсичности К согласно [3]) показал (табл. 3), что на всех четырех исследуемых створах токсичность воды оценена как слабая (класс 2) или умеренная (класс 3).

Заслуживают внимания различия в показателях смертности дафний в воде различных створов. На створе 1 (выше Новосибирска) среднегодовая смертность дафний варьирует в диапазоне 5.8–14.7%, на створах 2, 3, 4 (ниже города) – выше и составляет 7.7–21.1%. Хотя максимальные значения при этом не отличались (составляли 100%), ситуация по токсичности воды на верхнем створе была явно лучше. Кроме того, на створе 1 вода была слабо токсичной в течение большего числа лет (че-

тыре года из восьми лет наблюдений). На других створах число лет с такой оценкой было меньше. Таким образом, створ 1 (выше города) можно считать “фоновым”, поскольку качество воды по данным биотестирования здесь было наилучшим. На створе 2 (ниже города), эти оценки были наихудшими.

Гидробиологические показатели качества воды для Дона у г. Ростова-на-Дону приведены в табл. 4 (традиционные гидробиологические работы на реках Новосибирска не проводились). Четких отличий створов от фонового по гидробиологическим показателям выявить не удалось, а в зоне наиболее интенсивного влияния города на качество донской воды отличия выявлялись только в отдельные периоды наблюдений. Таким образом, биоиндикация не позволила четко проследить влияние городов на состоянии биоценозов и качество воды рек. Возможно, ответ на этот вопрос могут дать более детальные исследования изменений по гидробиологическим показателям.

Следует отметить, что качество воды Дона в последнее время стало значительно лучше, чем в 1990-е гг.: по планктонным показателям оно стало соответствовать чистым и умеренно-загрязненным водам [8]. Однако есть и негативные тенденции: для фито- и зоопланктона на участке г. Ростов-на-Дону–г. Азов стало характерным низкое видовое разнообразие, и по критериям [11] состоя-

**Таблица 4.** Гидробиологические показатели качества воды Дона в районе г. Ростова-на-Дону в 1980–1990-е гг. (числитель – диапазон колебаний, знаменатель – среднее)

Створы	Индекс сапробности		Состояние экосистемы по [11]	Класс качества вод [9]
	фитопланктон	зоопланктон		
1 – 6.5 км выше города	$\frac{1.94-2.12}{2.01}$	$\frac{1.51-2.10}{1.76}$	Антропогенное напряжение	3
2 – водозабор	$\frac{1.99-2.27}{2.13}$	$\frac{1.55-1.85}{1.69}$	То же	3
3 – 0.5 км ниже устья р. Темерник	$\frac{1.90-2.21}{2.09}$	$\frac{1.38-2.04}{1.78}$	»	3
4 – 1 км ниже города	$\frac{1.99-2.17}{2.06}$	$\frac{1.34-1.93}{1.72}$	»	3

ние экосистемы соответствует антропогенному напряжению.

К 2006–2007 гг. наметилась тенденция улучшения качества воды и по результатам биотестирования. Если в 1995 г. в районе Ростова-на-Дону наблюдалась высокая степень токсичности воды (все пробы оказывали на дафний острое токсическое действие, а смертность их достигала 100%), то к 2006–2007 гг. степень токсичности уменьшилась, а проба, отобранная в устье р. Темерник, которая ранее проявляла очень высокую токсичность, вообще не оказывала токсического действия [8].

Особый интерес с точки зрения управления качеством воды представляет вопрос об источниках загрязнения рек отдельными ЗВ. С использованием данных по сбросам сточных вод в Ростовской обл., рассчитаны зависимости между количествами сбросов и медианными концентрациями ЗВ, которые были характерны для р. Дон в районе Ростова-на-Дону в течение 1988–2000 гг.

Результаты расчетов показали, что в створе 1 (выше города) наблюдается наибольшее число значимых прямых зависимостей между медианными концентрациями соединений  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ , НП в донской воде и массой сбросов этих ЗВ. В створах, расположенных в черте и ниже города (3 и 4), значимые коэффициенты корреляции  $r$  получены только для  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ , в створе 2 – для соединений  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ . Величины массы сбросов относились ко всей Ростовской обл., а не только к рассматриваемому участку Нижнего Дона, но поскольку сюда поступает большая часть (более 2/3) сточных вод, с определенными допущениями можно считать, что загрязненность донской воды металлами зависит от масштабов сбросов со сточными водами, тогда как концентрации НП и сульфатов (последние – показатель гидрохимического режима) не зависят от влияния сбросов. Эти данные могут быть использованы для прогнозирования формирования качества воды. Следует заметить, что загрязнение речной во-

ды в районе городов обусловлено не только контролируемым сбросом сточных вод, но и другими факторами: неорганизованными (неконтролируемыми) сбросами сточных вод, атмосферным переносом ЗВ, их трансформацией, изменениями хода внутриводоемных процессов, нарушением процессов самоочищения водной экосистемы.

## ВЫВОДЫ

В результате анализа данных многолетних наблюдений Росгидромета (1977–2006 гг.), исследований авторов по эколого-токсикологическим (гидрохимическим, гидробиологическим и биотестовым) показателям на р. Дон у Ростова-на-Дону (юг России), р. Обь и малых реках Новосибирска (Западная Сибирь) установлено, что большинство характерных ЗВ (соединений  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ , НП) – общий для обоих регионов. Различия отмечены по формам N (нитритному или аммонийному), сульфатам и фенолам. Особенности состава загрязнения малых рек Новосибирска можно считать присутствием соединений  $\text{Hg}^{2+}$ , смолистых веществ и  $\text{H}_2\text{S}$ .

Тенденции долговременных межгодовых изменений качества воды рек обоих регионов были сходными: высокая загрязненность наблюдалась в 1980-е гг., затем произошло снижение к началу–середине 1990-х гг. и последующее повышение по ряду компонентов.

Критерии и показатели влияния рассмотренных городов на поверхностные водные объекты удалось выделить только по многолетним данным, тогда как по данным за один год (тем более – по одноразовому определению) влияние урбанизации на загрязненность речных вод четко не прослеживается. Сравнение с фоновыми створами позволило заключить, что общие критерии и показатели, регистрируемые по многолетним данным в черте и ниже

мегаполисов и отражающие влияние урбанизации, следующие:

более высокие медианные концентрации характерных ЗВ в воде в течение года наблюдений;

значительная доля проб с превышением ПДК характерных ЗВ (~75%) в течение года;

более грязный класс качества воды по УКИЗВ;

большее число лет с наихудшими оценками по УКИЗВ;

значительная доля проб воды с токсическим действием на гидробионтов (>70%) и наличие острой токсичности воды при биотестировании.

Идентичность комплекса химических критериев и токсикологических (биотестовых) показателей для городов, расположенных в разных физико-географических зонах, сходные тенденции межгодовых изменений загрязненности речных вод дают основания полагать, что этот комплекс позволяет получить объективную оценку влияния урбанизации на качество поверхностных вод и может быть использован для этой цели в различных регионах. В то же время гидробиологические данные наблюдений сети Росгидромета пока не позволяют четко проследить влияние городов на состояние биоценозов и качество воды.

На примере Нижнего Дона показано, что ведущую роль в загрязнении речных вод металлами играет сброс сточных вод, тогда как загрязнение НП и сульфатами непосредственно не связано со сбросом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водная экосистема Нижнего Дона: многолетние изменения качества воды / Под ред. Никанорова А.М., Хоружей Т.А., Мининой Л.И. СПб.: Гидрометеиздат, 2006. 307 с.
2. Ежегодники качества поверхностных вод СССР. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1979–1996 гг.
3. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методом биотестирования в России. М.: Международный дом сотрудничества, 1997. 117 с.
4. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодники. СПб.: Гидрометеиздат, 2002–2006 гг.
5. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Черногаева Г.М. Антропогенно-измененный природный фон и его формирование в пресноводных экосистемах России // Метеорология и гидрология. 2007. № 11. С. 62–79.
6. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В., Жулидов А.В. Мониторинг качества вод: оценка токсичности. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 160 с.
7. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Страдомская А.Г., Миронова Т.В. Химические показатели в оценке токсического загрязнения Нижнего Дона // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 68–74.
8. Предеина Л.М., Хоружая Т.А., Бакаева Е.Н. Биотестирование и биоиндикация в оценке экотоксикологического состояния поверхностных водных объектов бассейна Нижнего Дона // Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвящ. памяти Б.А. Флерова. Борок: Ярославский печатный двор, 2008. Ч 3. С. 233–235.
9. Р 52.24.309-2004. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. М.: Росгидромет, 2005. 128 с.
10. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 49 с.
11. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. Абакумова В.А. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 310 с.
12. Экологический вестник Дона “О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2006 году”. Ростов-на-Дону: Администрация Ростовской обл., 2007. 299 с.