

А.В. Селезнёва



ОТ МОНИТОРИНГА К НОРМИРОВАНИЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

**Российская академия наук
Самарский научный центр
Институт экологии Волжского бассейна**

Российский фонд фундаментальных исследований

А.В. Селезнева

**ОТ МОНИТОРИНГА К НОРМИРОВАНИЮ
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Под редакцией чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга

**Самара
2007**

УДК 556.01:556.55

Селезнева А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН. 2007. – 105 с.

Рассмотрена антропогенная нагрузка на реки, расположенные на территории России в различных природно-климатических зонах. Обсуждаются методические аспекты нормирования антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения. Критикуются существующие и предлагаются новые подходы к определению нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты. Приводятся расчеты нормативов ПДС по действующей и предлагаемой методикам на примере Саратовского водохранилища в районе сброса сточных вод г. Тольятти.

Книга рекомендуется экологам и специалистам по охране и рациональному использованию водных ресурсов, а также студентам и аспирантам высших учебных заведений, обучающихся по экологической специальности.

Табл. 23. Ил. 37. Библ. 130 назв.

Монография подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-05-96608).

Рецензенты: *доктор биологических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ В.И. Попченко,
доктор технических наук, профессор В.Е. Гвоздев*

445003, Россия, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10
Институт экологии Волжского бассейна РАН
тел., факс: (8482) 489-504, e.mail: ievbras2005@mail.ru

ISBN 978-593424-313-6

© ИЭВБ РАН, 2007
© Самарский НЦ РАН, 2007
© А.В. Селезнева, 2007

2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	4
Глава 1. Количественная оценка антропогенной нагрузки на реки от точечных источников загрязнения	5
1.1. Методика оценки и исходный материал.....	6
1.2. Нагрузка сточными водами.....	10
1.3. Нагрузка загрязняющими веществами.....	12
Глава 2. Характеристика точечных источников загрязнения	18
2.1. Особенности формирования городских сточных вод	18
2.2. Динамика сброса сточных вод в Саратовское водохранилище...	25
2.3. Оценка степени вредного воздействия точечного источника загрязнения.....	28
Глава 3. Оценка качества вод водного объекта как приемника сточных вод	31
3.1. Выделение гидрологических сезонов.....	35
3.2. Определение фоновых концентраций веществ в воде.....	43
3.3. Расчет региональных предельно допустимых концентраций веществ в воде Саратовского водохранилища.....	43
Глава 4. Оценка кратности разбавления сточных вод	47
4.1. Общие закономерности разбавления сточных вод.....	47
4.2. Простые методы расчета кратности разбавления сточных вод.....	50
4.3. Определение кратности разбавления с использованием численного моделирования.....	53
4.4. Определение кратности разбавления по данным экспериментальных наблюдений.....	57
Глава 5. Нормирование сброса загрязняющих веществ в водные объекты	62
5.1. Хронология становления нормативно-правовой базы нормирования.....	62
5.2. Теоретические основы нормирования.....	66
5.3. Критический анализ существующих подходов к нормированию.	68
5.4. Новые подходы к нормированию и экспериментальная методика расчета нормативов предельно допустимого сброса....	73
Заключение	81
Литература	82
Приложения 1. Концентрация веществ в сточных водах.....	89
Приложения 2. Качество вод Саратовского водохранилища	95
Приложения 3. Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ по действующей методике.....	97
Приложения 4. Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ по новой методике.....	103

ВВЕДЕНИЕ

Вода большинства водоемов и водотоков на территории России по ряду показателей не отвечает нормативным требованиям, предъявляемым к качеству воды, используемой для нужд питьевого водоснабжения и рыбного хозяйства.

Одна из главных причин неудовлетворительного качества поверхностных вод – сосредоточенный сброс в водные объекты широкого спектра загрязняющих веществ, содержащихся в промышленных и коммунальных сточных водах. Возрастающая нагрузка убедительно доказывает, что действующая система нормирования антропогенного воздействия малоэффективна и не ориентирована на поэтапное сокращение сброса загрязняющих веществ в водные объекты. Основные нарекания связаны с тем, что при определении нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) используются одинаковые для всей территории страны предельно допустимые концентрации (ПДК), которые не учитывают природно-климатические особенности водотоков и водоемов.

Созданная более 30 лет назад и действующая по настоящее время методика расчета ПДС загрязняющих веществ в водные объекты нуждается в совершенствовании.

К основным недостаткам указанной методики следует отнести:

- игнорирование антропогенной нагрузки на водные объекты;
- отсутствие критерия по оценке опасности точечных источников загрязнения;
- единообразие для всей территории страны критерия нормирования загрязняющих веществ – ПДК;
- эколого-экономическая необоснованность нормативов ПДС;
- неопределенность установления лимитов временно согласованных сбросов загрязняющих веществ.

В монографии обсуждается один из вариантов совершенствования системы нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты от точечных источников загрязнения. Предлагается нормирование антропогенной нагрузки осуществлять на основе региональных предельно допустимых концентраций (РПДК), получаемых на основе данных ведения регионального мониторинга водных объектов. Новый подход обсуждается на примере Саратовского водохранилища в районе сброса сточных вод г. Тольятти.

В результате многолетних исследований была разработана и апробирована новая методика расчета нормативов (ПДС) загрязняющих веществ в водотоки и водоемы. Для сравнения выполнен расчет нормативов по действующей и новой методикам применительно к сточным водам г. Тольятти, поступающим в Саратовское водохранилище.

Автор глубоко признателен коллегам из лаборатории мониторинга водных объектов ИЭВБ РАН, принимавшим участие в химическом и токсикологическом анализе проб воды, в расчетах кратности разбавления сточных вод методом численного моделирования и за предоставление фотографий для иллюстрации монографии, а также сотрудникам научно-производственного центра «ПАЛС» за техническую поддержку при эксплуатации информационно-измерительных систем «Хитон».

ГЛАВА 1

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РЕКИ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Антропогенная нагрузка характеризует поступление загрязняющих веществ в реки от точечных и диффузных (рис. 1.1 и 1.2) источников, расположенных на ее водосборной территории. Наибольшую опасность для рек представляют точечные источники, через которые осуществляется сосредоточенный сброс сточных вод, содержащих широкий спектр загрязняющих веществ (ЗВ). Диффузные источники вносят существенный вклад в формирование антропогенной нагрузки на реки. Однако сложность количественного определения нагрузки от них обусловлена недостаточностью или отсутствием соответствующей информации.



Рис. 1.1. Точечный источник загрязнения



Рис. 1.2. Диффузный источник загрязнения

Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников постоянно увеличивается, что обусловлено ростом населения и характерными для нашего времени процессами урбанизации. В этих условиях повышение нагрузки на водные объекты является объективным обстоятельством, ведь основой мирового хозяйства в настоящее время служат «мокрые» технологии, использующие воду, которая в результате оказывается грязной (Котляков, 1992).

В России процессы урбанизации протекают более интенсивно, чем в среднем на планете. За период с 1950 по 1990 гг. процент городского населения планеты увеличился с 29% до 42%, а в России – с 48% до 75% (Экология, охрана..., 1997). При этом городские территории занимают всего 0,3% площади страны. Но именно здесь расположены основные точечные источники загрязнения и на этой территории возникают основные проблемы водного хозяйства (Яковлев и др., 1998).

В Волжском бассейне городское население превышает среднюю норму по России и составляет 77,3%. Оно сосредоточено более чем в 600 городах (50% всех городов России), среди них 7 городов с населением свыше 1 млн. человек, 9 городов – от 0,5 до 1,0 млн. человек, 14 городов - от 0,25 до 0,50 млн. человек и 43 города – от 0,1 до 0,25 млн. человек.

Представляет интерес рост численности населения крупных городов Волжского бассейна за столетний период. С 1897 по 1992 гг. больше всего увеличилось население городов (в несколько раз): Пермь (24), Уфа (22), Волгоград (18), Нижний Новгород (15), Самара (14). Самые высокие темпы развития наблюдаются у таких молодых городов, как

Тольятти и Набережные Челны, население которых только за период с 1926 г. по 1992 г. возросло в 111 и 127 раз соответственно. Меньше всего увеличилось население старых городов: Тула (5), Саратов (7), Москва и Казань (8), Ярославль и Пенза (9) (Города России..., 1998).

Оценка антропогенной нагрузки на реки является необходимым элементом при организации системы мониторинга и регулирования негативного воздействия на качество вод водотоков. Без детального изучения нагрузки невозможно выявление связей между количеством сбрасываемых загрязняющих веществ в составе сточных вод и концентрациями химических веществ в воде водотоков (Hutcheson, 1992). Кроме того, количественная оценка антропогенной нагрузки необходима при нормировании допустимого воздействия на водные объекты.

1.1. Методика оценки и исходный материал

Методологические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод были заложены А.В. Караушевым (Методические основы..., 1987).

Существуют различные подходы к оценке антропогенной нагрузки на реки (Айтсман и др., 1965; Чеботарев, 1978; Mahamah, Bhagat, 1983; Реймерс, 1990; Kamari et al., 1993; Леонов, Булдовская, 1997; Огородникова и др., 1997;). Чаще всего под «нагрузкой» понимается масса загрязняющих веществ, поступающих непосредственно в водный объект со сточными водами от береговых или русловых выпусков (рис. 1.3 и 1.4). При этом не учитываются ни параметры водного объекта, ни их расположение в различных природных условиях. В этом случае невозможно провести сравнительный анализ нагрузок на реки, отличающиеся по величине водного стока и по условиям формирования качества вод.



Рис. 1.3. Береговой выпуск



Рис. 1.4. Русловой выпуск

Автором данной работы при определении антропогенной нагрузки на реки от точечных источников загрязнения предлагается учитывать водный сток реки и фоновые показатели качества вод. В этом случае антропогенная нагрузка не остается постоянной при прочих равных условиях, а существенно зависит не только от массы загрязняющих веществ, поступающих в реку, но и от временной (межгодовой, сезонной) изменчивости водного стока и фоновых концентраций веществ в воде реки.

Антропогенная нагрузка оценивается по нескольким составляющим, так как рассматривается, с одной стороны, как нагрузка сточными водами, а с другой — как нагрузка загрязняющими веществами. Антропогенная нагрузка сточными водами ($\tilde{A}$) —

это величина, характеризующая отношение объема сточных вод, сбрасываемых в водосборный бассейн, к водному стоку реки. Нагрузку сточными водами представим в следующем виде:

$$\tilde{A} = 100 \cdot \sum_{j=1}^n q_j / Q, \quad (1.1)$$

где $\tilde{A}$ – нагрузка сточными водами (%); q_j – объем сточных вод, сбрасываемых в водосборный бассейн j -м источником ($\text{км}^3/\text{год}$), где $j = 1, 2 \dots n$ – порядковые номера точечных источников; Q – водный сток реки ($\text{км}^3/\text{год}$).

Антропогенная нагрузка сточными водами ($\tilde{A}$) достаточно легко определяется, и для ее расчета, как правило, всегда имеется необходимая информация. Однако она не учитывает состав и свойства сточных вод, сбрасываемых в реки, и ее целесообразно использовать только на первом этапе анализа антропогенной нагрузки.

Имея детальные сведения о массе веществ, содержащихся в сточных водах, представляется возможным рассчитать составляющую антропогенной нагрузки по загрязняющим веществам. В данном случае нагрузка определяется как отношение массы загрязняющих веществ в составе сточных вод к водному стоку реки.

Нагрузку по конкретным загрязняющим веществам представим в следующем виде:

$$\hat{A}_i = \sum_{j=1}^n m_{ji} / Q, \quad (1.2)$$

где $\hat{A}_i$ – нагрузка i -м загрязняющим веществом ($\text{т}/\text{км}^3$); m_{ji} – масса i -го загрязняющего вещества в составе сточной воды j -го источника ($\text{т}/\text{год}$), где $i = 1, 2 \dots p$ – определенные загрязняющие вещества в сточных водах.

При таком подходе определения и анализа антропогенной нагрузки становится возможным разложить ее по отдельным составляющим (азотная, фосфорная, сульфатная, хлоридная и т.п.) и оценивать приоритетность той или иной нагрузки для конкретной реки.

Для оценки антропогенной нагрузки по всему спектру загрязняющих веществ целесообразно использовать суммарную антропогенную нагрузку загрязняющими веществами:

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n m_{ji} / Q, \quad (1.3)$$

Для количественной оценки и сравнения между собой антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения на реки, расположенные в различных природно-климатических зонах, предлагается использовать нормированную нагрузку отдельными загрязняющими веществами:

$$\ddot{A}_i = \hat{A}_i / C_{\text{фон}i}, \quad (1.4)$$

где $\ddot{A}_i$ – нормированная нагрузка i -ым загрязняющим веществом (безразмерная величина); $C_{\text{фон}i}$ – фоновая концентрация i -го вещества.

Суммарную нормированную нагрузку загрязняющими веществами представим в следующем виде:

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^P \bar{A}_i . \quad (1.5)$$

Предлагаемый подход позволяет количественно оценивать и сравнивать между собой антропогенную нагрузку от точечных источников загрязнения на реки, расположенные в различных природно-климатических зонах и имеющие широкий диапазон величин водного стока.

Для расчета и анализа пространственной неоднородности антропогенной нагрузки по территории России были выбраны 12 рек, которые отличаются друг от друга водным стоком, объемом (рис.1.5 и 1.6) и качеством принимаемых сточных вод и расположены в различных природно-климатических зонах.

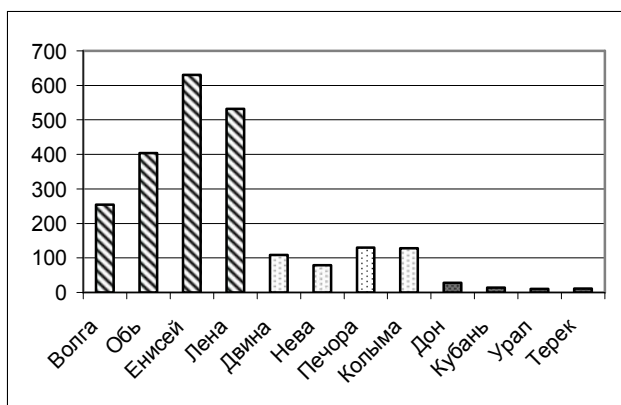


Рис. 1.5. Водный сток рек, км³/год

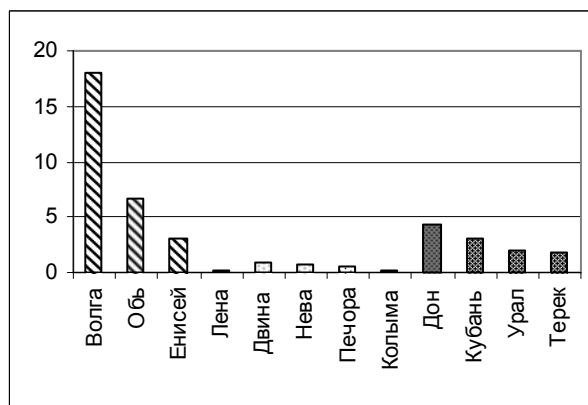


Рис. 1.6. Объем сточных вод, км³/год

Для удобства анализа реки разбиты на три группы. В первую группу входят реки с водным стоком более 200 км³/год: Волга, Енисей, Лена и Обь; во вторую – реки с водным стоком более 75 км³/год: Нева, Северная Двина, Печора и Колыма и в третью – реки с водным стоком более 10 км³/год: Урал, Кубань, Дон и Терек (рис. 1.7-1.9).

Для оценки антропогенной нагрузки по предложенной методике необходимы данные о водном стоке реки, об объемах сточных вод и о количестве загрязняющих веществ, поступающих в водоток с водосборной территории. О водном стоке рек имеется достоверная информация по гидрологии. Данные об объемах сточных вод и количестве загрязняющих веществ по каждому водопользователю можно взять только из статистической отчетности по форме 2ТП-водхоз (Инструкция о порядке..., 1985). В ней при учете загрязняющих веществ указывается только их количество, которое поступило в реку в результате использования воды (общее количество содержащихся в сбрасываемой воде загрязняющих веществ уменьшается на количество этих веществ, содержащихся в воде, забранной из этой же реки) (Демин и др., 1997).

Впервые отчетность о водопользовании по форме 2ТП-водхоз стала составляться в конце 70-х годов XX века. В нее входили сброс сточных вод в водные объекты, на поля фильтрации и орошения, а также общий объем отведения коллекторно-дренажных вод (без подразделения на объекты водоотведения). Со второй половины 80-х годов учет водоотведения велся в совокупности по сточным, шахтно-рудничным и коллекторно-

дренажным водам, по разным объектам (природные поверхностные водные объекты, подземные горизонты, накопители и т.д.).



Рис. 1.7. Реки первой группы



Рис. 1.8. Реки второй группы



Рис. 1.9. Реки третьей группы

Существующая система учета сточных вод основана на предположении о стационарности водоотведения. В действительности, характерной особенностью водоотведения крупных городов является неравномерность сброса загрязняющих веществ в водные объекты (Лозанский, 1987). При этом объемы сточных вод, как правило, меняются незначительно и находятся в пределах 5-10%, а сезонные и суточные колебания концентраций химических веществ весьма велики и могут достигать сотни процентов.

Проведенный ИЭВБ РАН анализ водоотведения крупных городов Средней и Нижней Волги свидетельствует, что отчетность по форме 2ТП-водхоз приводит приближенные данные об объеме сточных вод и о количестве загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты. Такое положение обусловлено недостаточной периодичностью наблюдений за качеством сточных вод, ограниченностью спектра наблюдаемых загрязняющих веществ и неудовлетворительным оснащением приборами систем водоотведения. Снижает качество данных и то обстоятельство, что на промышленных предприятиях эти сведения подготавливаются внутренними службами,

которые блюдут ведомственные интересы, а контролирующие органы только эпизодически проверяют их достоверность.

Более того, часть водопользователей в Волжском бассейне совершенно правильно рассматривает р. Волгу как единый водный объект и вычитает «фон» при заполнении таблицы 2ТП-водхоз, другие водопользователи наоборот ошибочно считают водохранилища Волжско-Камского каскада как различные водные объекты и не вычитают «фон» из массы загрязняющих веществ, сбрасываемых в водные объекты. В этом случае существенно завышается величина сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

В силу названных причин мы не располагаем полной и объективной информацией о массе загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами, и, следовательно, весьма приближенно оцениваем фактическую антропогенную нагрузку на водные объекты.

Данные о массе загрязняющих веществ, поступающих в реки, взяты для расчета из обобщения статистической отчетности по бассейнам рек (Воды России..., 1996).

1.2. Нагрузка сточными водами

Объем сброса сточных вод по бассейнам рек распределяется крайне неравномерно (табл. 1.1). Наибольшее количество сточных вод сбрасывается в бассейн Волги (18 049,3 млн. м³/год), а наименьшее – в бассейн р. Колымы (90,5 млн. м³/год). Объем сточных вод, сбрасываемых в бассейн Волги, составляет 30,2% от объема сточных вод, образующихся на всей территории России. В водные объекты бассейна Оби сбрасывается только 11,2%, Дона – 7,4%, Енисея – 5,3%, Кубани – 5,2%, Урала – 3,2%, Терека – 3,1%.

Таблица 1.1

Характеристика рек и их нагрузка сточными водами (А)

№ п/п	Река	Площадь водосбора, тыс. км ²	Водный сток реки (Q), км ³ /год	Объем сточных вод (q _г), км ³ /год	Нагрузка сточными водами (А), %
<i>Реки с годовым водным стоком > 200 км³/год</i>					
1.	Волга	1360,0	254,0	18,05	7,1
2.	Обь	2990,0	404,0	6,72	1,7
3.	Енисей	2580,0	630,0	3,15	0,5
4.	Лена	2490,0	532,0	0,12	0,02
<i>Реки с годовым водным стоком > 75 км³/год</i>					
5.	Сев. Двина	357,0	109,0	0,926	0,80
6.	Нева	281,0	78,5	0,679	0,90
7.	Печора	322,0	130,0	0,467	0,40
8.	Колыма	647,0	128,0	0,091	0,07
<i>Реки с годовым стоком > 10 км³/год</i>					
9.	Дон	422,0	28,1	4,40	15,7
10.	Кубань	57,9	13,5	3,09	22,9
11.	Урал	236,0	10,1	1,90	18,8
12.	Терек	37,4	11,0	1,87	17,0

Из табл. 1.1 видно, что среди выбранных 12 рек наибольшую нагрузку сточными водами (расчет по формуле 1.1) испытывают реки третьей группы с водным стоком $> 10 \text{ км}^3/\text{год}$, для которых $\tilde{A}$ изменяется в пределах от 15,7% (у Дона) до 22,9% (у Кубани).

Для рек первой и второй группы составляющая нагрузки $\tilde{A}$ незначительна и не превышает 1,7%. Исключение составляют Волга, у которой $\tilde{A}$ достигает 7,1 %. По этой составляющей антропогенной нагрузки Волга занимает пятое место после Кубани, Урала, Терека и Дона (рис. 1.10).

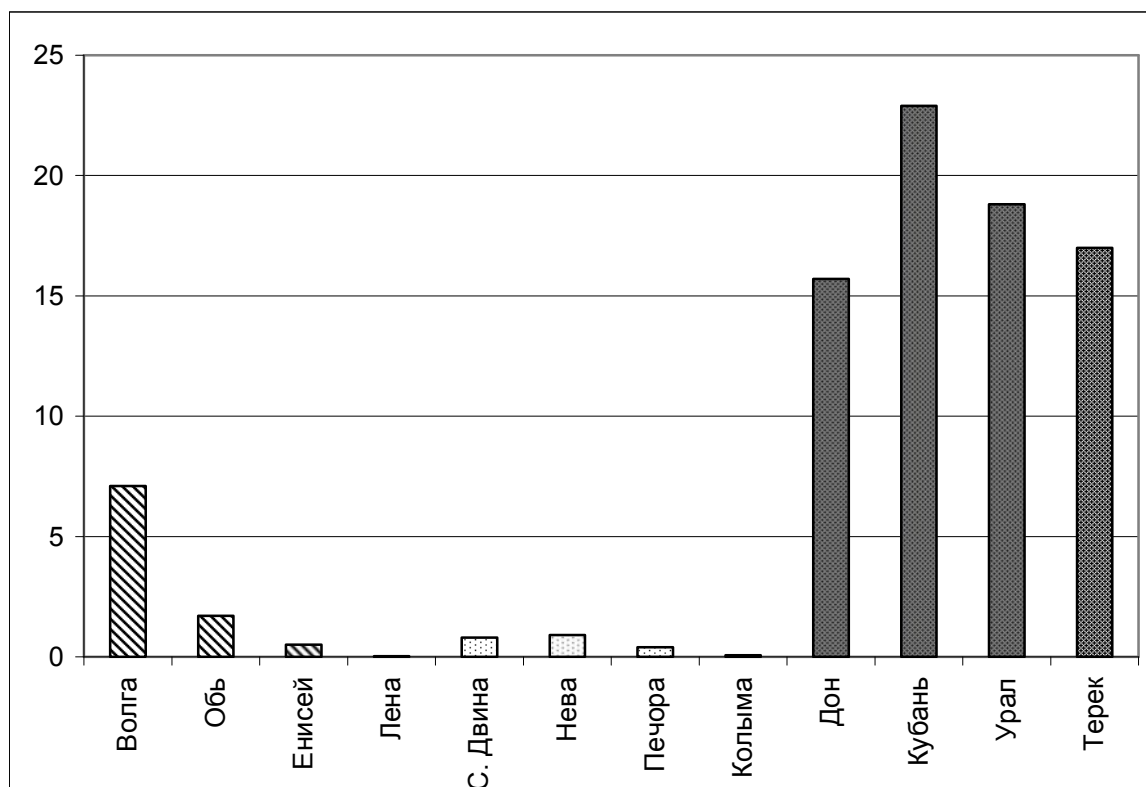


Рис. 1.10. Нагрузка сточными водами ($\tilde{A}$, %)

Среди крупнейших рек России ($Q > 200 \text{ км}^3/\text{год}$) Волга имеет наименьшую площадь водосборного бассейна и водный сток (табл. 1.1). Водосборный бассейн Волги меньше: в 2,2 раза, чем бассейн Оби; в 1,9 раза, чем бассейн Енисея, и в 1,8 раза, чем бассейн Лены. Водный сток Волги меньше: в 2,5 раза стока Енисея; в 2,1 раза стока Лены и в 1,6 раза стока Оби. В то же время, по объему сточных вод, сбрасываемых в водотоки и водоемы Волжского бассейна, р. Волга занимает первое место (табл. 1.1). Объем сточных вод, поступающих в бассейн Волги, в 2,7 раза больше, чем в бассейн Оби, в 5,7 раза больше, чем в бассейн Енисея и в 154 раза больше, чем в бассейн Лены.

На территории России распределение водных ресурсов и объемов сточных вод по бассейнам рек существенно отличаются. Так годовой сток р. Волги составляет всего лишь 6% общероссийского речного стока, тогда как годовой объем сточных вод, поступающих в Волжский бассейн от точечных источников, достигает 30,2%. В результате среди крупных рек России с площадью водосбора более 1 млн. км^2 и годовым стоком $> 200 \text{ км}^3/\text{год}$ р. Волга испытывает на себе наибольшую нагрузку сточными водами, которая больше в 4,2 раза, чем на Обь, в 14,2 раза, чем на Енисей, в 355 раз, чем на Лену (табл. 1.1).

Среди рек России наибольшую нагрузку сточными водами испытывают реки третьей группы с годовым стоком более 10 км³/год. Для р. Кубань нагрузка составляет 23%, для р. Урал – 19%, для р. Терек – 17%, для р. Дон – 16%. Река Кубань занимает самую маленькую (после Терека) площадь водосбора (57,9 тыс. км²), имеет самый маленький (после Урала и Терека) водный сток (13,5 км³/год), а объем принимаемых сточных вод очень велик и составляет 3,09 км³/год, что примерно соответствует объему сточных вод, сбрасываемых в бассейн Енисея.

Еще более значительную нагрузку сточными водами (более 30%) испытывают на себе малые реки, расположенные в черте крупных промышленных городов. Например, малые реки Черниха, Березина, Назаровка, протекающие в черте г. Саратова, превращены в коллекторы сточных вод, а часть Васильевских озер, расположенных в окрестностях г. Тольятти, представляют собой накопители загрязняющих веществ от промышленных предприятий.

1.3. Нагрузки загрязняющими веществами

В нашей стране проблема увеличения антропогенной нагрузки и изменения химического состава природных вод стоит крайне остро (Максимова, 1991).

Данные статистической отчетности за 1995 г. о массе некоторых загрязняющих веществ, сбрасываемых в реки, представлены в табл. 1.2. Наибольшая масса загрязняющих веществ поступает в бассейн Волги. Ежегодно со сточными водами в Волгу сбрасывается: нефтепродуктов – 5,6 тыс.т; взвешенных веществ – 195 тыс. т; сульфатов – 1139 тыс. т; хлоридов – 1726 тыс. т; органических веществ (БПК) – 150 тыс. т; алюминия – 5,6 тыс. т; общего азота – 12 738 т; железа – 22 210 т; цинка – 463 т и меди – 498 т.

Таблица 1.2

Данные о массе некоторых веществ, поступающих в водные объекты

Река	Масса загрязняющих веществ по показателям					
	Хлориды, тыс. т/год	Сульфаты, тыс. т/год	Нефтепродукты, тыс. т/год	Медь, т/год	Цинк, т/год	Железо, т/год
<i>Реки с годовым стоком > 200 км³/год</i>						
Волга	1726,0	1139,1	5,56	498	463	22210
Обь	246,5	232,6	1,66	35	96	1257
Енисей	300,1	125,1	0,58	6	31	516
Лена	1,04	2,05	0,04	0,06	1,6	18
<i>Реки с годовым стоком > 75 км³/год</i>						
Сев. Двина	35,7	34,7	0,13	0,3	4,4	25
Нева	22,0	15,7	0,39	14	56	641
Печора	9,64	18,6	0,05	0,42	1,1	41
Колыма	0,4	0,54	0,04	0	0	5
<i>Реки с годовым стоком > 10 км³/год</i>						
Дон	250,9	503,1	0,62	8	14	389
Кубань	28,4	54,0	0,11	4	17	117
Урал	26,4	41,5	0,10	3	32	114
Терек	733,0	409,5	0,04	0,8	9	473

При анализе материалов следует учитывать, что существуют значительные расхождения в данных о количестве сброса загрязняющих веществ в водные объекты по различным литературным источникам. Частично это можно объяснить тем, что существующая система учета и контроля количества и качества сточных вод не обеспечивает получения полной и объективной информации о массе загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в водные объекты.

По данным Госкомстата в бассейн Волги сбрасывается 20-80% загрязняющих веществ от всего сброса по России. За 1995 г. в Волгу и ее притоки попало: 29% от суммарного сброса по стране органических веществ; 47% – нефтепродуктов; 28% – взвешенных веществ; 31% – сульфатов; 20% – хлоридов; 47% – фосфора общего; 22% – азота общего; 63% – азота аммонийного; 58% – нитратов; 28% – фенолов; 41% – СПАВ; 80% – железа; 79% – меди; 53% – цинка.

Результаты расчета нагрузки загрязняющими веществами ($\hat{A}_i$) по формуле (1.2) и суммарной нагрузке ($\hat{A}$) по формуле (1.3) показаны в табл. 1.3.

Из табл. 1.3. видно, что в первой группе Волга нагружена загрязняющими веществами больше других крупных рек России (Обь, Енисей и Лена). При этом нагрузка неодинакова по различным показателям. Например, нагрузка на р. Волгу больше, чем на реки Обь и Енисей: по нефтепродуктам – в 5 и 24 раз; по фенолам – в 4 и 8; по сульфатам – в 8 и 23; по хлоридам – в 11 и 14; по азоту аммонийному – в 6 и 62; по железу – в 28 и 107; по меди – в 23 и 196; по цинку – в 8 и 37; по БПК – в 4 и 11 соответственно.

Среди рек второй группы (Северная Двина, Нева, Печора и Колыма) наибольшую нагрузку загрязняющими веществами испытывает р. Северная Двина, а наименьшую – р. Колыма. Нагрузка на р. Северную Двину больше, чем на Неву и Печеру: по БПК – в 1,2 и 26,9 раза; по сульфатам – в 1,6 и 2,2; по хлоридам – в 1,2 и 4,4; по фенолам – в 2,5 и 101,0 соответственно.

Среди рек третьей группы (Дон, Кубань, Урал и Терек) наибольшую нагрузку по большинству показателей испытывает р. Терек. Нагрузка на р. Терек больше, чем на р. Урал: по БПК – в 2,4 раза; по сульфатам – в 9,1; по хлоридам – в 25,5; по азоту аммонийному – в 3,3; по железу – в 3,8 раз.

Среди рек первой группы ($Q > 200 \text{ км}^3/\text{год}$) Волга испытывает самую большую суммарную нагрузку загрязняющими веществами ($\hat{A}$), которая составляет $12\,519,5 \text{ т/км}^3$. Для сравнения $\hat{A}$ на р. Обь составляет $1417,9 \text{ т/км}^3$, на р. Енисей – $737,9 \text{ т/км}^3$, на р. Лену – всего $7,1 \text{ т/км}^3$. Среди рек второй группы ($Q > 75 \text{ км}^3/\text{год}$) наибольшую $\hat{A}$ испытывает р. Северная Двина ($1070,1 \text{ т/км}^3$), а наименьшую – р. Колыма ($13,8 \text{ т/км}^3$). Среди рек третьей группы ($Q > 10 \text{ км}^3/\text{год}$) наибольшую $\hat{A}$ испытывает р. Терек ($105\,071,9 \text{ т/км}^3$), а наименьшую – р. Кубань ($6447,0 \text{ т/км}^3$).

Среди 12 исследуемых рек по составляющей $\hat{A}$ р. Волга занимает уже третье место после Терека и Дона (рис. 1.11), для которых данный параметр составляет $105\,071,9$ и $12\,519,5 \text{ т/км}^3$ соответственно. Перемещение р. Волги с пятого на третье место свидетельствует, что концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в бассейн Волги, значительно больше, чем в сточных водах, поступающих в реки Урал и Кубань.

Таблица 1.3

Нагрузка отдельными загрязняющими веществами ($\hat{A}_i$) и суммарная нагрузка загрязняющими веществами ($\hat{A}$) рек, т/км³

№ п/п	Бассейн реки	$\hat{A}_i$									$\hat{A}$
		БПК _{полн}	Нефте- продукты	Фенолы	Сульфаты	Хлориды	Азот аммонийный	Железо	Медь	Цинк	
Реки с годовым стоком > 200 км ³ /год											
1.	Волга	589,8	21,9	0,095	4484,6	6795,3	536,62	87,400	1,960	1,823	12519,500
2.	Обь	138,4	4,1	0,026	575,7	610,1	86,10	3,100	0,087	0,237	1417,850
3.	Енисей	52,5	0,9	0,013	198,6	476,3	8,73	0,820	0,010	0,049	737,922
4.	Лена	0,8	0,1	0,000	3,9	2,0	0,26	0,034	0,000	0,003	7,097
Реки с годовым стоком > 75 км ³ /год											
5.	Сев. Двина	392,7	1,2	0,101	318,3	327,5	30,05	0,229	0,003	0,040	1070,123
6.	Нева	323,6	5,0	0,041	200,0	280,3	43,54	8,170	0,178	0,713	861,542
7.	Печора	14,6	0,4	0,001	143,1	74,2	2,73	0,315	0,003	0,008	235,357
8.	Колыма	5,1	0,3	0,000	4,2	3,1	1,09	0,039	0,000	0,000	13,829
Реки с годовым стоком > 10 км ³ /год											
9.	Дон	836,3	22,1	0,008	17903,9	8928,8	120,21	13,600	0,285	0,498	27825,701
10.	Кубань	266,7	8,2	0,011	4000,0	2103,7	58,17	8,700	0,300	1,26	6447,041
11.	Урал	356,4	9,9	0,073	4108,9	2613,9	91,05	11,300	0,297	3,17	7194,990
12.	Терек	863,6	3,6	0,004	37227,3	66636,4	297,14	43,000	0,073	0,818	105071,935

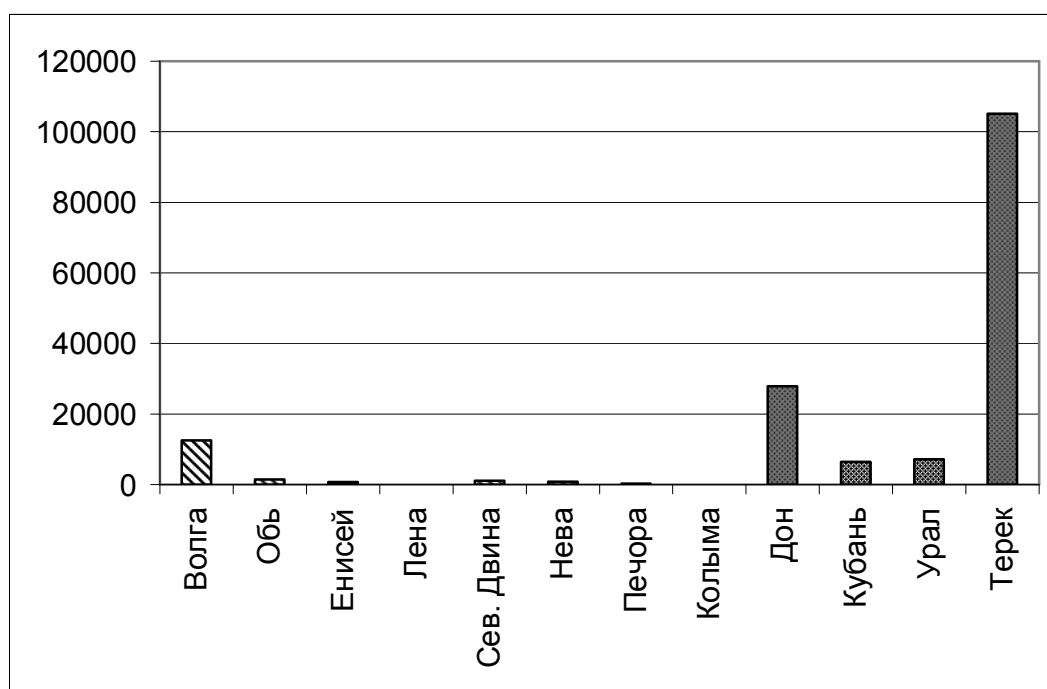


Рис. 1.11. Суммарная нагрузка загрязняющими веществами ($\hat{A}$, т/км³)

Результаты расчета нормированной нагрузки по отдельным загрязняющим веществам (ЗВ) ($\hat{A}_i$) и нормированной суммарной нагрузки ЗВ ($\hat{A}$) представлены в табл. 1.4. Например, наибольших значений нагрузка по нефтепродуктам достигает у Дона (442) и Волги (438,0). Величина данной нагрузки существенно зависит от фоновых концентраций веществ в воде водного объекта.

По нормированной суммарной нагрузке р. Волга занимает уже первое место (рис. 1.12) и величина $\hat{A}$ для нее составляет 4886,6.

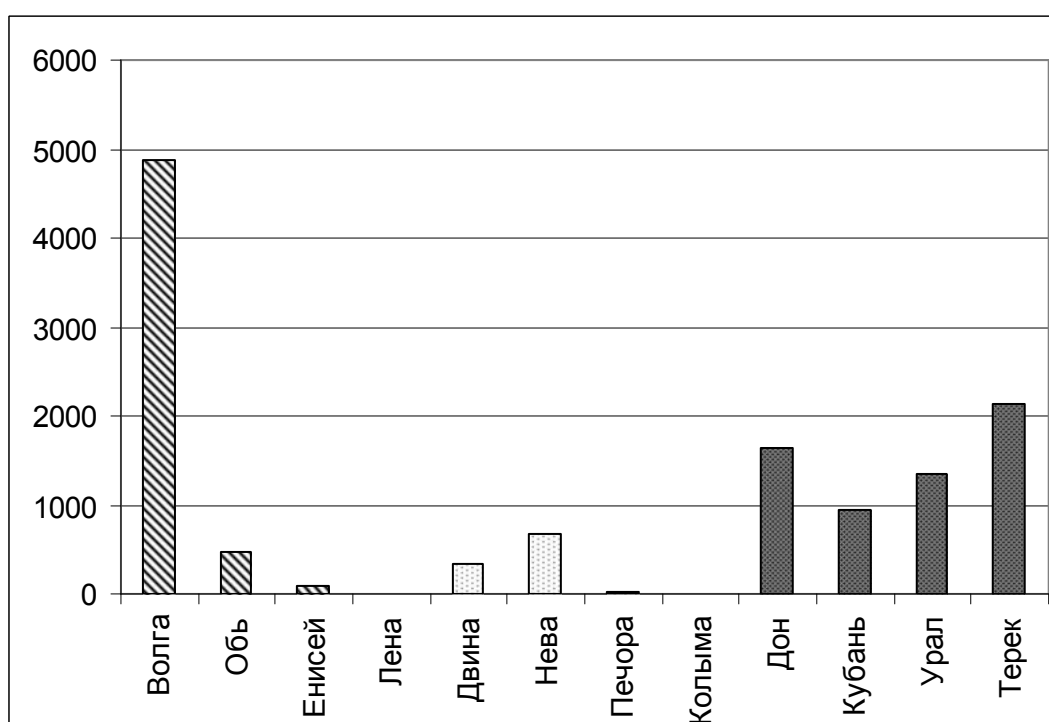


Рис. 12. Суммарная нормированная нагрузка ($\hat{A}$)

Проведенный сравнительный анализ показывает, что среди 12 исследуемых рек наибольшую антропогенную нагрузку испытывает Волга. Суммарная нормированная нагрузка загрязняющими веществами на Волгу больше: в 10 раз, чем на Обь; в 53 раза, чем на Енисей и в 1405 раз, чем на Лену. Полученные результаты позволяют уточнить и детализировать опубликованные ранее выводы о том, что среднегодовая токсическая нагрузка на экосистемы Волги в 6 раз превосходит нагрузку на водные экосистемы других регионов страны (Ласкорин, Лукьяненко, 1992).

Если рассматривать антропогенную нагрузку по отдельным составляющим, то картина будет следующая. Среди исследуемых рек наибольшую нагрузку сточными водами (16-23%) испытывают реки третьей группы с годовым стоком более 10 км³/год. Для рек первой и второй групп нагрузка сточными водами незначительна и не превышает 1,7%. Исключение составляют Волга, у которой она достигает 7,1%. По этой составляющей антропогенной нагрузки Волга занимает пятое место после Кубани, Урала, Терека и Дона. При сравнении между собой крупных рек (первая группа) нагрузка сточными водами на Волгу в 4 раза больше, чем на Обь, в 14 раз, чем на Енисей, и в 355 раз, чем на Лену.

По суммарной нагрузке загрязняющими веществами р. Волга занимает уже третье место (12 520 т/км³) после Терека и Дона, для которых данная составляющая достигает 105 072 и 27 826 т/км³ соответственно. Перемещение р. Волги с пятого на третье место свидетельствует, что концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в бассейн Волги, значительно больше, чем концентрация в сточных водах, поступающих в реки Урал и Кубань. Суммарная нагрузка загрязняющими веществами на Волгу в 9 раз больше, чем на Обь, в 17 раз, чем на Енисей, и в 1789 раз, чем на Лену.

Особую тревогу вызывает загрязнение Волги нефтепродуктами и биогенными элементами. Нагрузка нефтепродуктами составляет 21,9 т/км³, что в 5 раз больше, чем на Обь, в 24 раза, чем на Енисей, и в 219 раз, чем на Лену. Нагрузка азотом аммонийным составляет 537 т/км³, что в 6 раз больше, чем на Обь, в 61 раз, чем на Енисей, и в 2065 раз, чем на Лену.

Совершенно очевидно, что в первую очередь для всего Волжского бассейна и его регионов необходимо разрабатывать комплексные программы поэтапного снижения антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения и оперативно вводить реальные экономические и административно-правовые механизмы их реализации.

В основу разработки водоохранных программ должны быть положены систематические данные мониторинга рек на локальном, территориальном и бассейновом уровнях и сведения о точечных источниках загрязнения, основанные на регулярных наблюдениях за объемом и качеством сточных вод.

Таблица 1.4

Нормированная нагрузка по отдельным ЗВ ($\ddot{A}_i$) и нормированная суммарная ($\ddot{A}$) нагрузки ЗВ

№ п/п	Бассейн реки	Ä _i * 10 ³									Ä * 10 ³
		БПК _{полн}	Нефте- продукты	Фенолы	Сульфаты	Хлориды	Азот аммонийный	Железо	Медь	Цинк	
	Реки с годовым стоком > 200 км ³ /год										
1.	Волга	196,60	438,0	95,0	44,85	22,650	1073,24	874,0	1960,0	182,3	4886,64
2.	Обь	46,13	82,0	26,0	5,76	2,030	172,2	31,0	87,0	23,7	475,82
3.	Енисей	17,50	18,0	13,0	1,99	1,590	17,46	8,2	10,0	4,9	92,64
4.	Лена	0,27	2,0	0,0	0,04	0,007	0,52	0,34	0,0	0,3	3,477
	Реки с годовым стоком > 75 км ³ /год										
5.	Сев. Двина	130,90	24,0	101,0	3,18	1,090	60,1	2,29	3,0	4,0	329,56
6.	Нева	107,87	100,0	41,0	2,00	0,930	87,08	81,7	178,0	71,3	669,88
7.	Печора	4,87	8,0	1,0	1,43	0,250	5,46	3,15	3,0	0,8	27,96
8.	Колыма	1,70	6,0	0,0	0,04	0,010	2,18	0,39	0,0	0,0	10,32
	Реки с годовым стоком > 10 км ³ /год										
9.	Дон	278,77	442,0	8,0	179,04	29,760	240,42	136,0	285,0	49,8	1648,79
10.	Кубань	88,90	164,0	11,0	40,00	7,010	116,34	87,0	300,0	126,0	940,25
11.	Урал	118,80	198,0	73,0	41,09	8,710	182,10	113,0	297,0	317,0	1348,70
12.	Терек	287,87	72,0	4,0	372,27	222,120	594,28	430,0	73,0	81,8	2137,34

ГЛАВА 2

ХАРАКТЕРИТИКА ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Городские агломерации все больше превращаются в мощные точечные источники загрязнения водных объектов. Высокая плотность населения (коммунальные сточные воды), огромный промышленный потенциал (промышленные сточные воды), большие площади городской застройки (ливневые сточные воды), значительные площади подтопленных городских территорий (дренажные сточные воды) обуславливают формирование так называемых городских сточных вод (Жуков и др., 1964). Городские сточные воды оказывают крайне негативное воздействие на качество вод водных объектов (Баранник, Кресин, 1985; Zupan, 1997; Latimer, Quinn, 1998).

Наиболее неблагоприятная экологическая обстановка складывается на водных объектах в районах крупных промышленных городов (Laplante Benoit, 1990; Trzosinska, 1992; Thoms, Thiel, 1995; Karuppiyah, Gupta, 1996; Koh et al., 1997; Crockett, 1997; Селезнев, Селезнева, 1999). Здесь формируются зоны загрязнения, где концентрация химических веществ в воде в несколько раз превышает фоновые показатели.

Рассмотрим более подробно особенности формирования сточных вод, сбрасываемых в Саратовское водохранилище в районе г. Тольятти.

2.1. Особенности формирования городских сточных вод

Основная часть сточных вод г. Тольятти сбрасывается в Саратовское водохранилище в районе пос. Федоровка (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Расположение трех точечных источников загрязнения

Ширина водохранилища на этом участке изменяется в пределах 0,9-1,5 км, глубина в русловой части водоема у правого берега составляет 14-20 м, в пойменной части у левого берега – 4-8 м (Гидрометеорологический режим..., 1978).

Из-за близкого расположения Жигулевской ГЭС (рис. 2.2), работающей в сезонном, недельном и суточном режиме регулирования расходов воды, исследуемый участок водохранилища характеризуется неустановившимся гидрологическим режимом. Среднегодовой расход воды на исследуемом участке составляет $7310 \text{ м}^3/\text{с}$, максимальный – $10\,100 \text{ м}^3/\text{с}$, минимальный – $5270 \text{ м}^3/\text{с}$ (Многолетние данные..., 1985).



Рис. 2.2. Жигулевская гидроэлектростанция

Сброс сточных вод г. Тольятти осуществляется в мелководную часть водохранилища (рис. 2.3) по трем выпускам (точечным источникам загрязнения) на расстоянии 500 м от левого берега.



Рис. 2.3. Место выпуска сточных вод в водохранилище

Глубина водохранилища в месте сброса сточных вод при нормальном подпорном уровне (НПУ) составляет 4-6 м. Средний годовой расход сточных вод составляет 6-8 м³/с.

Точечный источник загрязнения № 1 – это хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Автозаводского района после биологических очистных сооружений (БОС) ОАО «АВТОВАЗ» (рис. 2.4).

Точечный источник загрязнения № 2 – это объединенные сточные воды после насосной станции № 3, включающие:

- хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Комсомольского района после биологических очистных сооружений ОАО «Тольяттиазот»;
- хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Центрального района после биологических очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук» (30%);
- неочищенные ливневые и промышленные сточные воды Центрального района после насосной № 1.

Точечный источник загрязнения № 3 – это хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Центрального района после биологических очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук» (70%).

По данным государственной статистической отчетности по форме 2ТП-водхоз фактические расходы сточных вод г. Тольятти за 2002-2003 гг. представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расходы сточных вод г. Тольятти по трем точечным источникам загрязнения

Наименование расхода	Единица измерения	Фактические расходы сточных вод		
		Источник № 1	Источник № 2	Источник № 3
2002 г.				
Часовой	м³/час	11 512,20	7 413,24	2 355,55
Суточный	м³/сут.	276 292,05	177 917,81	56 533,15
Годовой	тыс. м³/год	100 846,60	64 940,00	20 634,60
2003 г.				
Часовой	м³/час	11 953,15	7 640,98	2 610,54
Суточный	м³/сут.	286 875,61	183 383,56	62 652,88
Годовой	тыс. м³/год	104 709,60	66 935,00	22 868,30

По объему сброса сточных вод наибольшую значимость представляет источник № 1 (54% городских сточных вод), затем источник № 2 (34-35%) и источник № 3 (11-12%) (рис. 2.5).

В табл. 2.2 приведены максимальные среднемесячные концентрации химических веществ в сточной воде трех точечных источников г. Тольятти за 2002-2003 гг. Данные (Приложение 1) получены в лаборатории мониторинга водных объектов ИЭВБ РАН в соответствии с действующими нормативно-методическими документами (табл. 2.3). Пробы воды отбирались 1 раз в месяц, в течение 2-х часов доставлялись к месту проведения химического анализа по 16 показателям.

Наряду с химическим анализом, проводились испытания сточной воды на токсичность по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей (ПНД ФТ 14.1:2:3:4.9-02 и 16.1:2:3:3.6-02), а также по смертности и изменению плодовитости дафний (ПНД ФТ 14.1:2:3:4.7-02). Было установлено, что сточная вода не обладает острой токсичностью, но хроническая токсичность периодически наблюдалась во всех точечных источниках загрязнения.

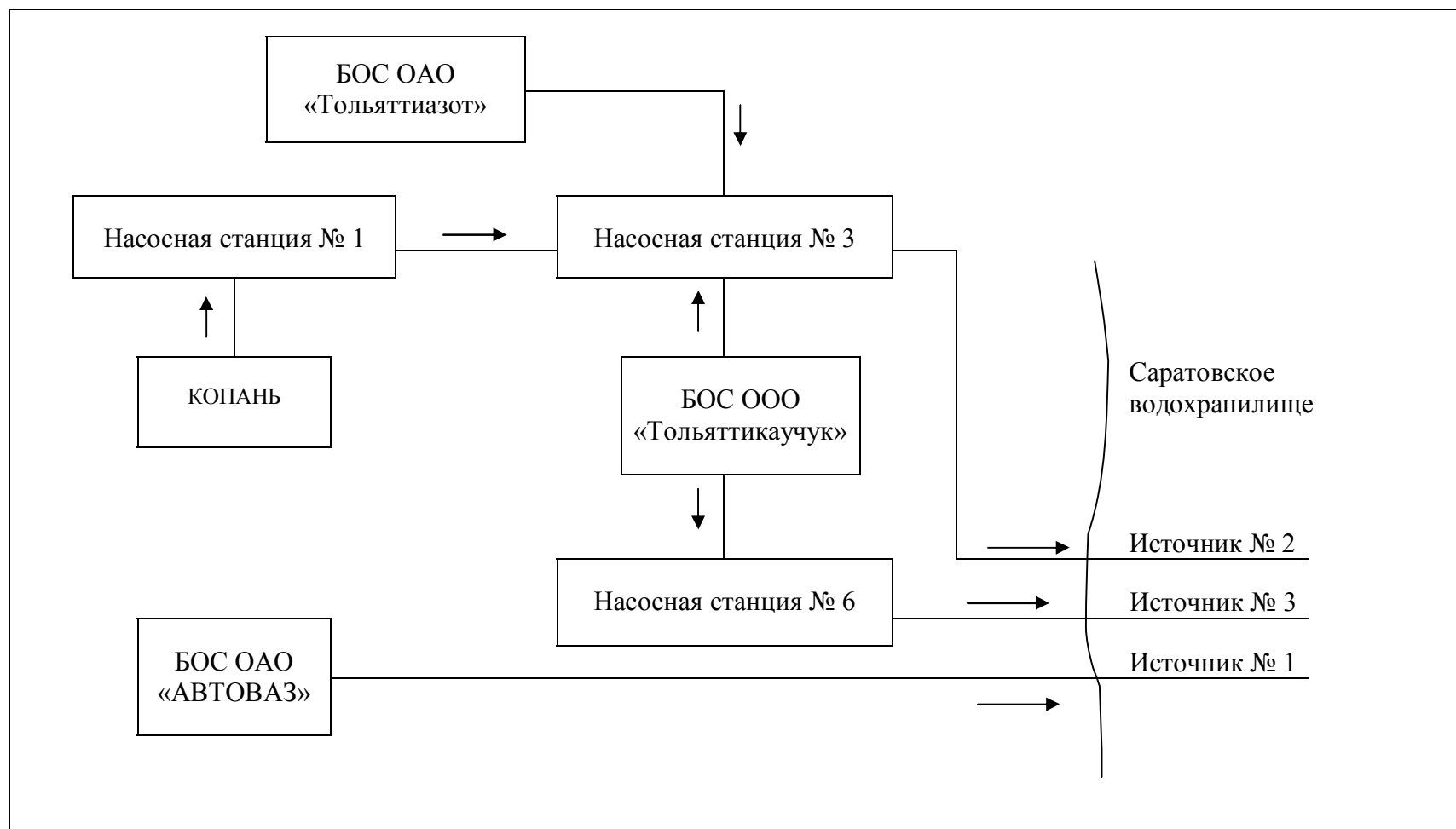


Рис. 2.4. Схема отведения сточных вод г. Тольятти в Саратовское водохранилище

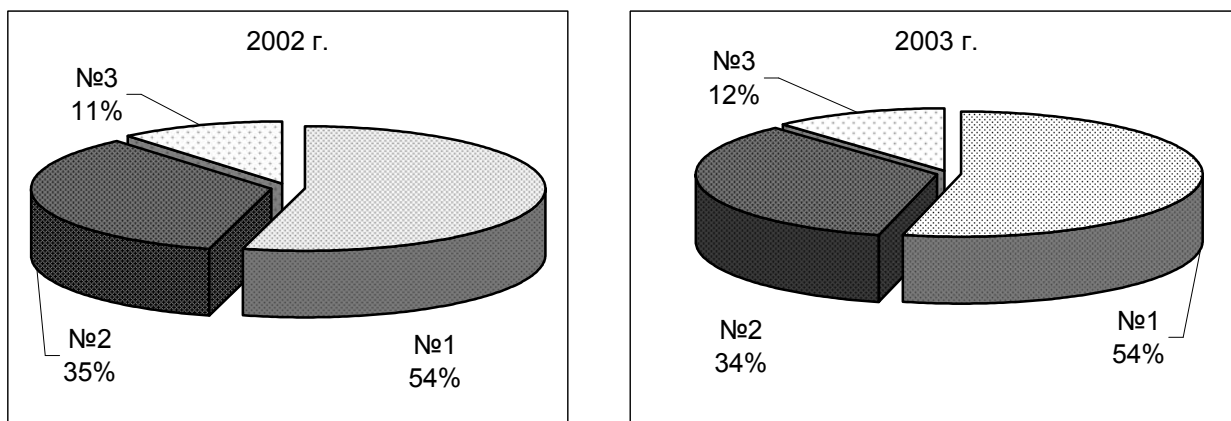


Рис. 2.5. Распределение расходов сточной воды г. Тольятти между тремя точечными источниками

Таблица 2.2

**Максимальные среднемесячные концентрации ЗВ в сточной воде
точечных источников**

№ п/п	Наименование вещества	Раз- мер- ность	Концентрация веществ в воде		
			Источник № 1	Источник № 2	Источник № 3
Общие показатели					
1.	БПК _{полн}	мг О ₂ /л	7,9	6,9	7,7
2.	Взвешенные вещества	мг/л	11,5	32,5	21,0
3.	Сухой остаток	мг/л	552,0	992,0	1747,0
Вещества санитарного ЛПВ					
4.	Фосфаты	мг/л	2,92	2,10	3,97
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ					
5.	СПАВ анионактивный	мг/л	0,06	0,06	0,05
6.	Азот нитратный	мг N/л	12,4	18,1	21,7
7.	Сульфаты	мг/л	111,0	320,0	256,0
8.	Хлориды	мг/л	85,0	181,0	574,0
Вещества токсикологического ЛПВ					
9.	Азот аммонийный	мг N/л	0,34	4,80	1,70
10.	Азот нитритный	мг N/л	0,015	0,750	0,130
11.	Железо общее	мг/л	0,31	1,30	0,81
12.	Медь	мг/л	0,0015	0,015	0,010
13.	Цинк	мг/л	0,010	0,040	0,009
14.	Алюминий	мг/л	0,042	0,050	0,070
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ					
15.	Нефтепродукты	мг/л	0,06	0,08	0,67
16.	Фенолы	мг/л	0,001	0,002	0,002

**Перечень методик, применяемых в лаборатории мониторинга водных объектов
ИЭВБ РАН для анализа природных и очищенных сточных вод**

№ п/п	Наименование вещества	Диапазон измерений. мг/дм³	Руководящий документ
1.	Взвешенные вещества	≥ 5	РД 52.24.468-2005
2.	БПК	1-11	РД 52.24.420-2006
3.	Сухой остаток	50-25 000	ПНД Ф14.1:2.114-97
4.	Фосфаты	0,01-0,2	РД 52.24.382-2006
5.	Сульфат-анион	2-40	РД 52.24.405-2005
6.	Хлорид-анион	10-250	РД 52.24. 407-95
7.	Азот нитратный	0,1-10	ПНД Ф14.1:2.4-95
8.	Азот аммонийный	0,05-4	ПНД Ф14.1.1-95
10.	Азот нитритный	0,01-0,3	РД 52.24.381-95 ПНД Ф14.1:2.3-95
11.	Железо общее	0,02-4	РД.52.24. 358-2006
12.	Фенолы	0,0005-25	ПНД Ф14.1:2.4.182-02
13.	Нефтепродукты	0,02-2,0	ПНД Ф14.1:2.4.168-2002
14.	Цинк	0,1-8	М 01-37-2006
15.	Медь	0,00005-0,1	М 01-29-2006
16.	СПАВ анионактивный	0,01-0,4	РД 52.24 368-95

Результаты анализа показывают, что сточные воды трех точечных источников г. Тольятти по большинству показателей сильно отличаются по содержанию в них загрязняющих веществ. Наибольшее количество взвешенных веществ содержится в источнике № 2 (32,5 мг/л), неорганических веществ – в источнике № 3 (1747,0 мг/л).

Сточные воды источника № 2 сильно загрязнены сульфатами (320 мг/л), азотом аммонийным (4,8 мг/л), азотом нитритным (0,75 мг/л), а сточные воды источника № 3 – фосфатами (3,97 мг/л), азотом нитратным (21,7 мг/л), хлоридами (574 мг/л) (рис. 2.6).

Особую тревогу вызывает сильное загрязнение Саратовского водохранилища сточными водами г. Тольятти, содержащими биогенные элементы. Содержание фосфатов в сточных водах трех точечных источников превышает ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения в 10-20 раз, по азоту аммонийному – в 4-12 раз, по азоту нитритному – в 6-38 раз.

Столь высокие концентрации биогенных веществ в сточных водах стимулируют процессы антропогенного евтрофирования воды водохранилища. Это повышение уровня первичной продукции водохранилища в результате накопления в нем биогенных элементов, главным образом азота и фосфора, под воздействием сброса сточных вод. Евтрофирование резко снижает качество вод и ухудшает среду обитания гидробионтов за счет массового развития фитопланктона (так называемое «цветение» воды) (рис. 2.7). Разложение отмерших водорослей приводит к накоплению токсических продуктов, а также снижению концентрации растворенного кислорода. Наиболее ярко это явление проявляется в пойменных участках водохранилища, где стоковое течение практически отсутствует, а температура воды летом достигает максимальных значений (25-26°C). Здесь формируются большие поля «цветущей» воды, которые под влиянием слабого ветрового течения перемещаются в другие районы водохранилища.

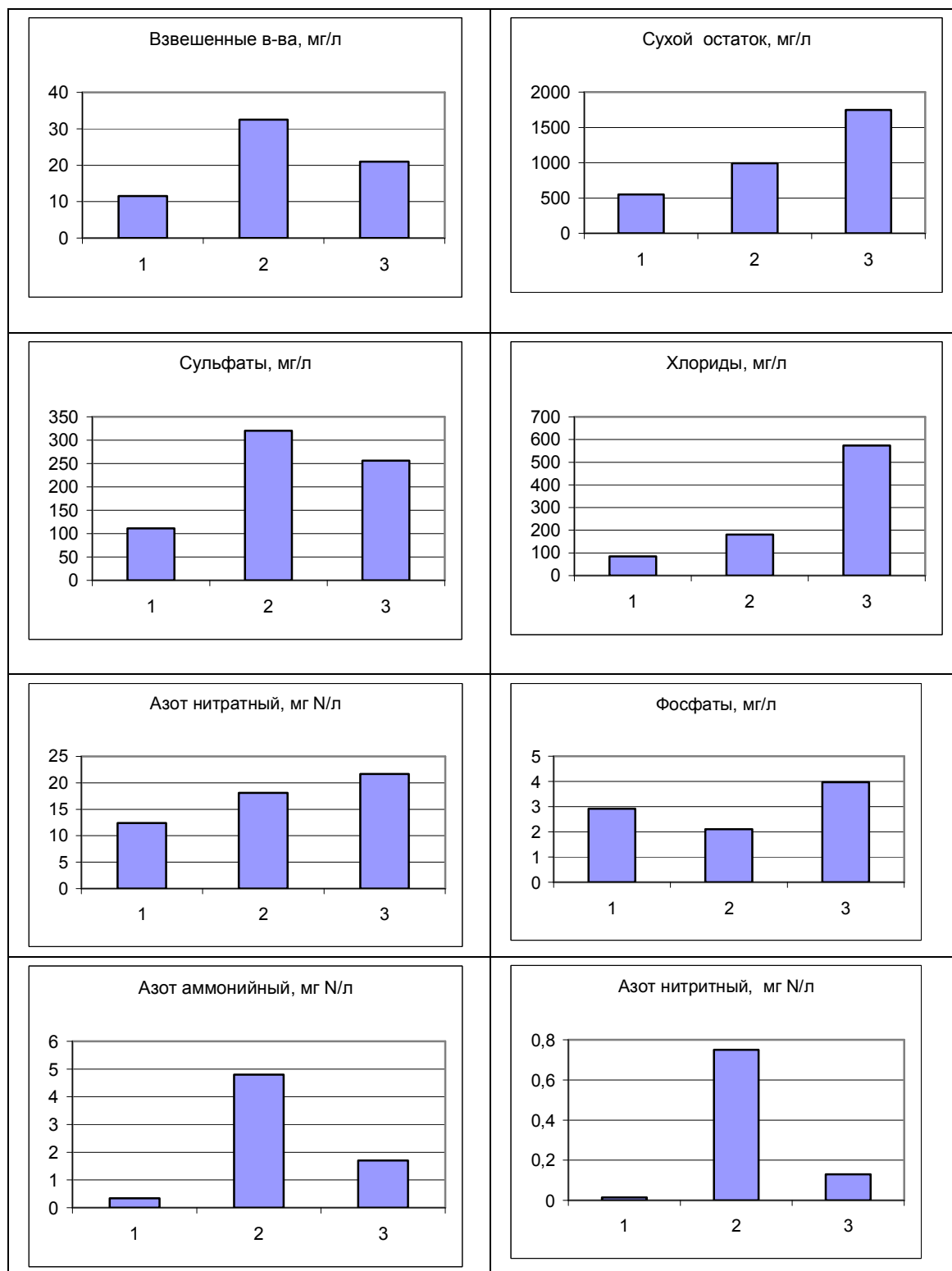


Рис. 2.6. Содержание загрязняющих веществ в сточных водах (1, 2 и 3 – номера точечных источников загрязнения Саратовского водохранилища)

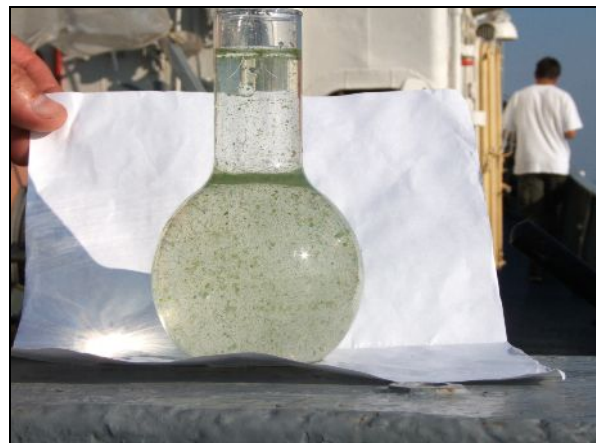


Рис. 2.7. Антропогенное евтрофирование водохранилища

2.2. Динамика сброса сточных вод в Саратовское водохранилище

Вопросы, касающиеся изучения динамики сброса сточных вод в водные объекты, в общем виде обсуждались многими исследователями (Лозанский, 1983, 1987; Черняев и др., 1991; Ласкорин, Лукьяненко, 1992; Яковлев, 1996; Леонов, Булдовская, 1997; Маклейн, 1999). В данной работе предпринята попытка более детально проанализировать многолетнюю, сезонную и суточную динамику сброса сточных вод.

Многолетние изменения расходов сточных вод г. Тольятти по трем источникам загрязнения показаны в табл. 2.4. В 2000-2004 гг. объем сточных вод изменялся незначительно. Межгодовые изменения составили: для выпуска № 1 – 98-105 млн. м³/год; для выпуска № 2 – 61-67 млн. м³/год; для выпуска № 3 – 19-23 млн. м³/год.

Таблица 2.4

Изменение расхода сточных вод г. Тольятти за 2000-2004 гг.

Наименование расхода	Единица измерения	Расходы сточных вод по годам				
		2000	2001	2002	2003	2004
Источник № 1						
Часовой	м³/час	11 539	11 161	11 412	11 512	11 953
Суточный	м³/сут.	276 945	267 870	273 881	276 292	286 876
Годовой	тыс. м³/ГОД	101 085	97 773	99 967	100 847	104 710
Источник № 2						
Часовой	м³/час	6 949	7 693	7 530	7 413	7 641
Суточный	м³/сут.	166 775	184 630	180 723	177 918	183 384
Годовой	тыс. м³/ГОД	60 873	67 390	65 964	64 940	66 935
Источник № 3						
Часовой	м³/час	2 236	2 321	2 116	2 356	2 611
Суточный	м³/сут.	53 672	55 895	50 780	56 533	62 653
Годовой	тыс. м³/ГОД	19 590	20 402	18 535	20 635	22 868

В Саратовское водохранилище поступают городские сточные воды различного генезиса: производственные, хозяйственно-бытовые и ливневые. За счет поступления на очистку производственных сточных вод, не прошедших локальной очистки совсем или недостаточно очищенных, наблюдаются большие колебания концентрации загрязняющих

веществ. В качестве примера в табл. 2.5 представлены средние годовые концентрации веществ в сточных водах г. Тольятти для источника № 3.

Таблица 2.5

**Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в сточной воде
точечного источника № 3**

№ п/п	Наименование вещества	Концентрации веществ, мг/л				
		2000	2001	2002	2003	2004
Общие показатели						
1.	БПК _{полн}	7,7	6,2	4,8	5,4	5,4
2.	Взвешенные вещества	18,1	13,5	15,3	16,3	12,7
3.	Сухой остаток	1565	1654	1594	1678	1780
Вещества санитарного ЛПВ						
4.	Фосфаты	4,59	3,55	3,23	3,43	3,26
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ						
5.	СПАВ анионактивный	0,11	0,10	0,08	0,06	0,04
6.	Азот нитратный	24,4	17,6	14,2	14,6	14,6
7.	Сульфаты	186,7	181,1	190,0	181,3	148,6
8.	Хлориды	214,0	290,1	238,8	332,3	442,3
Вещества токсикологического ЛПВ						
9.	Азот аммонийный	0,97	1,16	0,16	0,68	0,91
10.	Азот нитритный	0,17	0,08	0,06	0,06	0,06
11.	Железо	0,47	0,61	0,61	0,57	0,60
12.	Медь	0,010	0,014	0,011	0,016	0,009
13.	Цинк	0,010	0,007	0,009	0,006	0,008
14.	Алюминий	0,050	0,045	0,030	0,025	0,010
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ						
15.	Нефтепродукты	0,320	0,170	0,230	0,300	0,030
16.	Фенолы	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002

Существенно изменялись средние годовые концентрации веществ в сточных водах в период с 2000 по 2004 гг. Наибольшие межгодовые изменения концентраций наблюдались у нефтепродуктов – с 0,03 до 0,32 мг/л (в 10 раз), азота аммонийного – с 0,16 до 1,16 мг/л (в 7 раз), у алюминия – с 0,01 до 0,05 мг/л (в 5 раз), у азота нитритного – с 0,06 до 0,17 мг/л (в 3 раза), у СПАВ – с 0,04 до 0,11 мг/л (в 3 раза).

Характерной особенностью водоотведения г. Тольятти является внутригодовая неравномерность сброса загрязняющих веществ в водохранилище. Размах сезонных колебаний концентраций химических веществ может достигать 100-200%, что существенно меньше межгодовых изменений. На рис. 2.8 в качестве примера представлены сезонные изменения концентрации взвешенных и органических (по БПК) веществ в сточных водах г. Тольятти, а на рис. 2.9 – концентрации сульфатов и хлоридов.

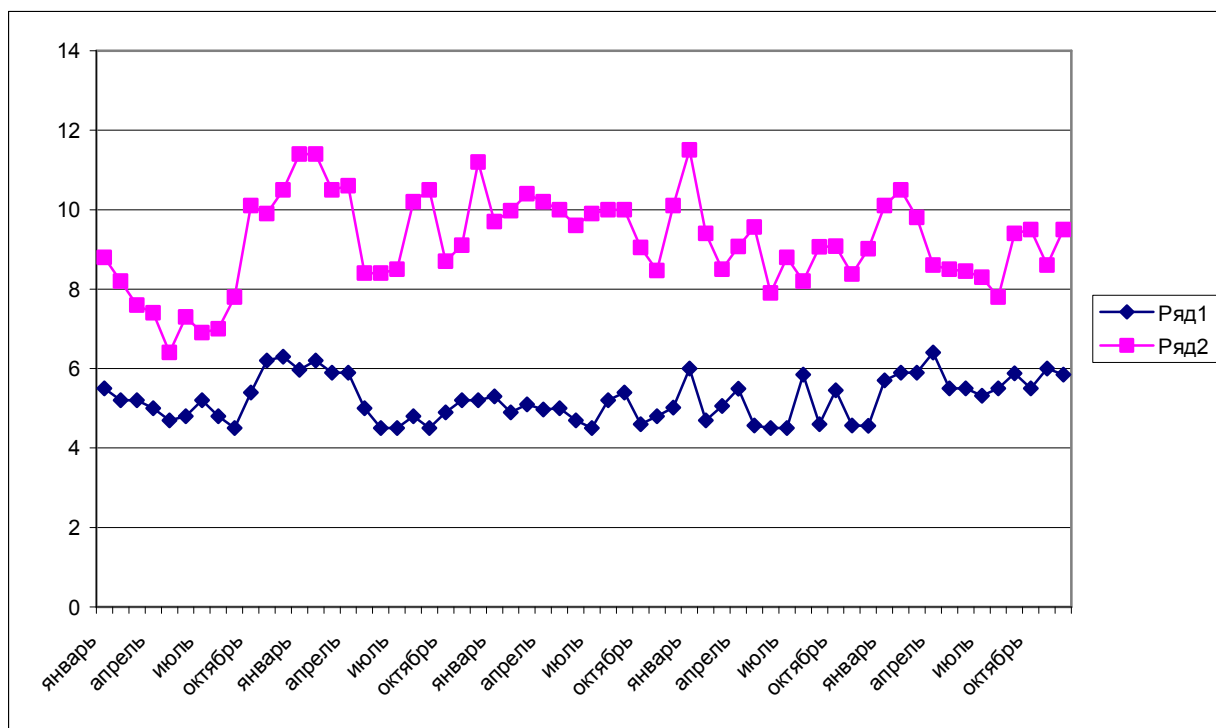


Рис. 2.8. Изменения концентрации БПК (ряд 1) и взвешенных веществ (ряд 2)

На рис. 2.8 и 2.9 видно, что средняя месячная концентрация взвешенных веществ в сточной воде изменяется в пределах 4,1-6,3 мг/л, концентрация БПК – в пределах 6,1-11,8 мг/л, концентрация сульфатов – в пределах 60-132 мг/л, а концентрация хлоридов – в пределах 40-82 мг/л. При этом для сульфатов отчетливо прослеживается цикличность колебаний с максимумом весной и минимумом осенью.

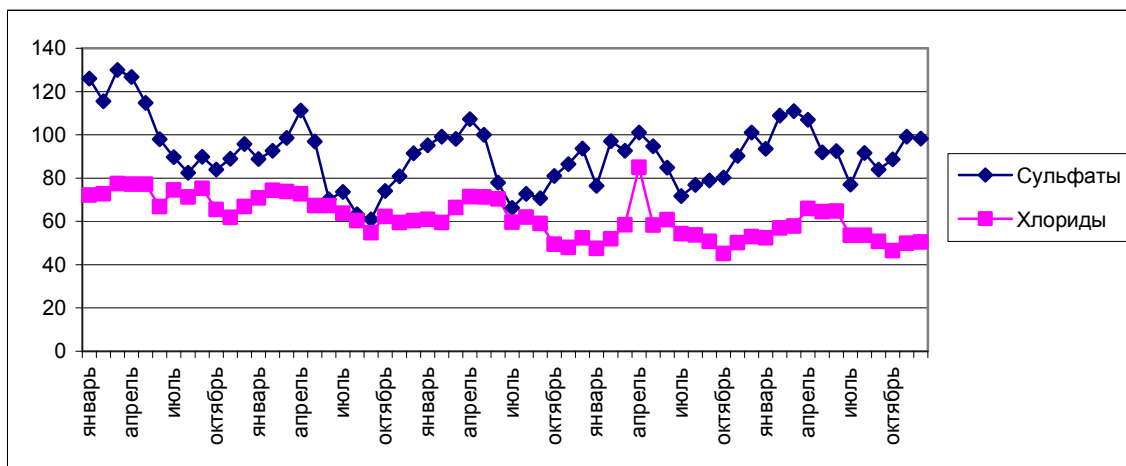


Рис. 2.9. Изменения концентрации сульфатов и хлоридов в сточной воде

В течение суток концентрации веществ в сточных водах также не остаются постоянными и характеризуются коэффициентами неравномерности. На рис. 2.10 видно, что размах суточных колебаний азота аммонийного составляет 7-19 мг/л, при этом максимальные значения наблюдаются в дневные часы, а минимальные концентрации – в утренние и вечерние часы.

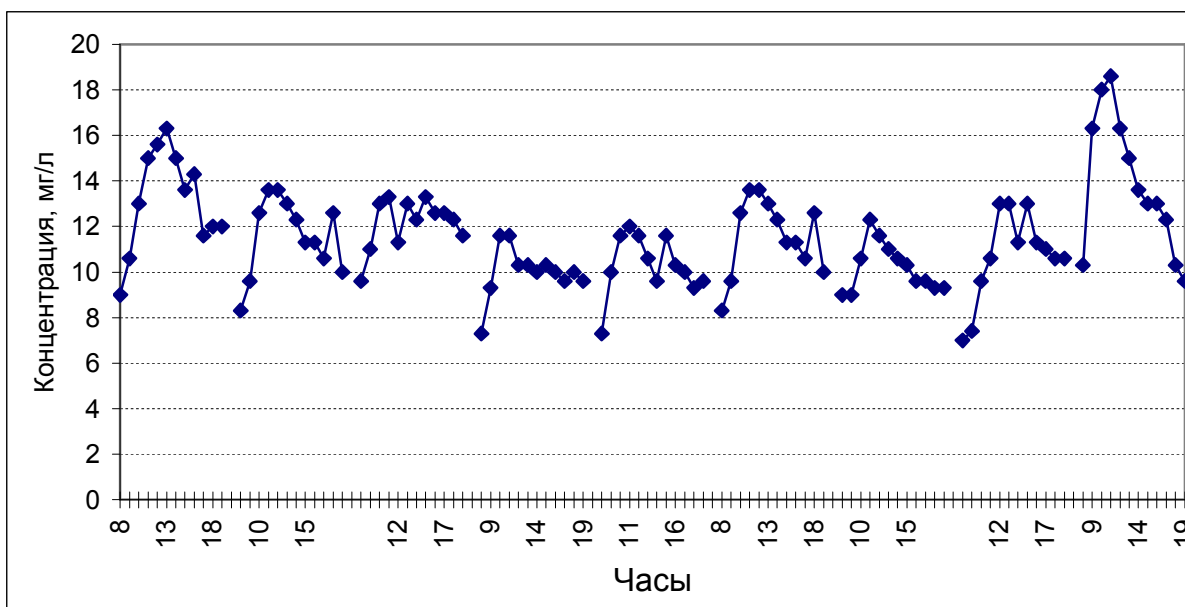


Рис. 2.10. Суточные изменения концентрации аммонийного азота (NH_4)

Следовательно, сброс загрязняющих веществ от точечных источников г. Тольятти в Саратовское водохранилище следует рассматривать как нестационарный процесс, для которого характерна суточная и сезонная изменчивость. В этих условиях недостаточно осуществлять наблюдения за качеством сточных вод один раз в сутки, как это обычно практикуется в графиках аналитического контроля.

Итак, существующая система учета качества сточных вод не обеспечивает получения полной и объективной информации о массе загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами городов в водные объекты. В результате недостоверно оценивается фактическая антропогенная нагрузка на водные объекты от точечных источников загрязнения, основанная на данных государственной статистической отчетности по форме 2ТП-водхоз.

2.3. Оценка степени вредного воздействия точечного источника загрязнения

Наиболее неблагоприятная экологическая обстановка складывается на водных объектах в районах крупных промышленных городов. Здесь формируются зоны загрязнения, в которых концентрация химических веществ в воде в несколько раз превышает фоновые показатели.

Для характеристики точечных источников загрязнения предлагается использовать «показатель вредного воздействия». Это количественная характеристика загрязненности сточных вод по отношению к воде водного объекта, являющегося приемником сточных вод.

Показатель вредного воздействия (ВВ) для конкретного точечного источника загрязнения по конкретному веществу (w_i), представим в следующем виде:

$$w_i = (C_{\text{СВ}i} / C_{\text{ФОН}i}) - 1, \quad (2.1)$$

где $C_{\text{СВ}i}$ – концентрация i -го вещества в сточной воде, мг/л; $C_{\text{ФОН}i}$ – фоновая концентрация i -го вещества в воде водного объекта, мг/л.

Суммарный показатель вредного воздействия точечного источника загрязнения (W) можно вычислить по следующей формуле:

$$W = \sum_{i=1}^P w_i, \quad (2.2)$$

где $i = 1, 2, \dots, p$ – определенные вещества.

В качестве объектов исследования выбраны три точечных источника загрязнения Саратовского водохранилища, расположенные на территории г. Тольятти.

Результаты расчета показателей вредного воздействия сточных вод представлены в табл. 2.6 и показаны на рис. 2.11. Наиболее сильно загрязнены сточные воды у источника № 1 азотом нитратным (61,0) и фосфатами (47,7), у источника № 2 – азотом нитратным (89,0), азотом нитритным (52,6), азотом аммонийным (47,0) и фосфатами (34,0), у источника № 3 – азотом нитратным (107,5) и фосфатами (65,2).

Таблица 2.6

Показатели вредного воздействия по веществам (w_i) и по сумме веществ (W)

№ п/п	Наименование вещества	Показатели ВВ для трех точечных источников (w_i)		
		Источник № 1	Источник № 2	Источник № 3
1.	БПК _{полн}	2,2	1,8	2,1
2.	Взвешенные вещества	1,1	5,0	2,9
3.	Сухой остаток	1,0	2,7	5,5
4.	Фосфаты	47,7	34,0	65,2
5.	СПАВ анионактивный	5,0	5,0	4,0
6.	Азот нитратный	61,0	89,0	107,5
7.	Сульфаты	0,8	4,2	3,2
8.	Хлориды	1,8	4,9	17,8
9.	Азот аммонийный	2,4	47,0	16,0
10.	Азот нитритный	0,1	52,6	8,3
11.	Железо общее	2,4	13,4	8,0
12.	Медь	-0,6	2,8	1,5
13.	Цинк	-0,2	2,1	-0,3
14.	Алюминий	3,7	4,7	6,8
15.	Нефтепродукты	0,5	1,0	0,8
16.	Фенол	-0,7	-0,3	-0,3
W		129,2	270,2	249,6

Примечание: При отрицательных значениях w_i вредное воздействие отсутствует и в расчет суммарного показателя ВВ не принимается.

Суммарный показатель вредного воздействия (W) составил: для источника № 1 – 129,2; для источника № 2 – 270,2; для источника № 3 – 249,6. Из трех точечных источников г. Тольятти наибольшую экологическую опасность представляет источник № 2 – это объединенные сточные воды после насосной станции № 3. На схеме водоотведения г. Тольятти видно, что именно этот источник содержит неочищенные ливневые и промышленные сточные воды Центрального района после насосной станции № 1 (см. рис. 2.4).

Предложенный подход позволяет ранжировать все точечные источники загрязнения по степени вредного воздействия на конкретном водном объекте.

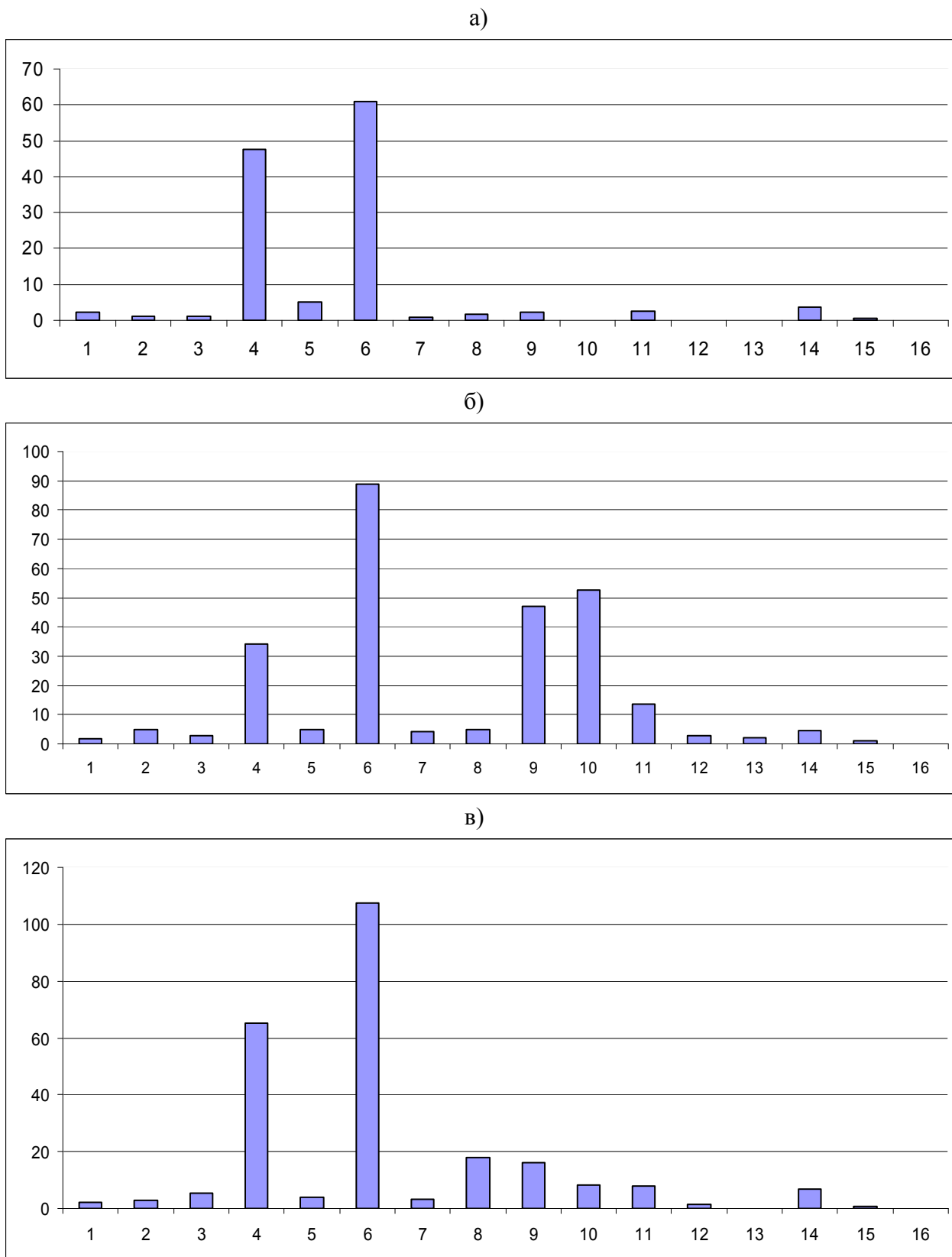


Рис. 2.11. Показатели вредного воздействия (w_i) для трех точечных источников г. Тольятти: а) – источник № 1, б) – источник № 2, в) – источник № 3; по оси ординат указан показатель ВВ, по оси абсцисс приведены номера загрязняющих веществ из табл. 2.6

ГЛАВА 3

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ВОДНОГО ОБЪЕКТА КАК ПРИЕМНИКА СТОЧНЫХ ВОД

При определении нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) загрязняющих веществ от точечного источника необходимо знать фоновые концентрации веществ в воде водного объекта, как приемника сточных вод (Инструкция по нормированию..., 1989; Методика расчета..., 1990; Караушев, Шварцман, 1991; Правила охраны..., 1991).

Методические основы расчета фоновых концентраций веществ на глобальном и региональном уровнях разработаны достаточно подробно (Израэль и др., 1981, 1984; Методические основы..., 1987).

Фоновые концентрации определяются общими условиями формирования качества вод, присущими рассматриваемому водному объекту и его водосборному бассейну. В зависимости от решаемой конкретной задачи и специфических условий в речном бассейне гидрохимический фон водохранилища может быть представлен различным образом (Методические основы..., 1987):

а) естественный фон, отражающий качество воды водного объекта, гидрохимический режим которого выше рассматриваемого створа не нарушен деятельностью человека;

б) измененный фон, характеризующий измененные деятельностью человека условия формирования качества вод в пределах всего или части речного бассейна (мелиорация земель, массовое применение химических удобрений, пестицидов, переброска стока и т. д.) или же отражающий воздействия многочисленных неорганизованных сбросов сточных вод, находящихся выше рассматриваемого створа;

в) условный фон, отражающий влияние на гидрохимический режим потока всех видов антропогенного воздействия, в том числе и организованных сбросов сточных вод, находящихся выше расчетного створа, но не учитываемых специально в рассматриваемой конкретной задаче.

В данной главе речь пойдет о расчете условного фона Саратовского водохранилища в различные гидрологические сезоны в районе сброса сточных вод г. Тольятти.

3.1. Выделение гидрологических сезонов

Обычно на водных объектах выделяют четыре гидрологических сезона, границы которых зависят от природно-климатических условий и не совпадают с календарными сезонами. Для Среднего Поволжья весна включает следующие месяцы: апрель, май и июнь; лето – июль, август и сентябрь; осень – октябрь и ноябрь; зима – декабрь текущего года, а также январь, февраль и март предыдущего года.

Сооружение каскада волжско-камских гидроэлектростанций изменило водный, термический и ледовый режим р. Волги, что нарушило границы гидрологических сезонов. Наиболее существенно изменились границы гидрологической весны за счет сокращения продолжительности половодья.

Сравнительный анализ расходов р. Волги в естественном и нарушенном состоянии показал, что водный сток весной существенно уменьшился, а летом, осенью и зимой увеличился. Особенно отчетливо перераспределение водного стока между гидрологическими сезонами прослеживается в маловодные годы, когда естественный расход реки для весны уменьшился с 68% до 34% и увеличился для осени с 10% до 24%,

для лета – с 15% до 21% и для зимы – с 7% до 21% (рис. 3.1). В средние по водности годы водный сток уменьшился весной с 63% до 43% и увеличился осенью с 11% до 19%, летом – с 18% до 20% и зимой – с 8% до 18%. В многоводные годы водный сток весной уменьшился с 58% до 47% и увеличился для осени с 16% до 17%, для лета – с 17% до 19% и для зимы – с 9% до 17%.

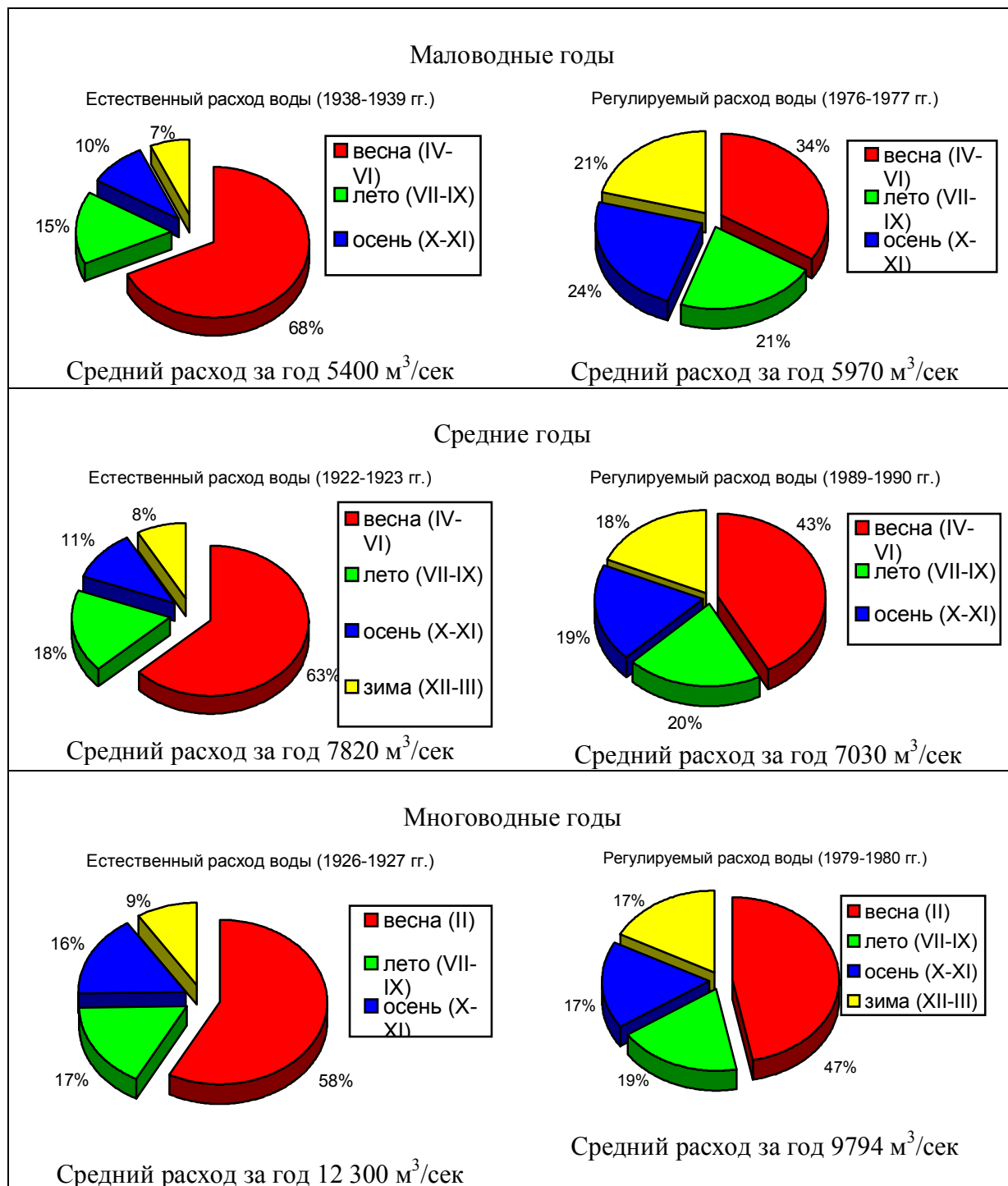


Рис. 3.1. Сезонное распределение стока Волги до и после зарегулирования

В настоящее время среднемесячные расходы воды на Саратовском водохранилище характеризуются существенной сезонной изменчивостью (рис. 3.2). В период

прохождения весеннего половодья в многоводные годы (апрель-июнь) и маловодные годы (апрель-май) наблюдается увеличение расходов воды. Амплитуда сезонных колебаний расходов воды для водохранилища составляет от 5220 до 19 900 м³/сек (в 3,8 раза).



Рис. 3.2. Сезонные изменения средних (ряд 1), максимальных (ряд 2) и минимальных (ряд 3) расходов воды на водохранилище

Для определения границ гидрологических сезонов на Саратовском водохранилище использованы материалы наблюдений, полученные в ИЭВБ РАН в 2001-2003 гг. Границы и продолжительность гидрологических сезонов в каждом конкретном году определялись на основе анализа данных о расходах воды и о ледовых явлениях. По данным наблюдений, установлено, что в 2001 г. ледовые явления на водохранилище отмечены с 28 ноября, а начало ледостава — с 26 декабря, а в 2002 г. — 26 ноября и 23 декабря соответственно. За начало зимней межени принимается дата наступления ледовых явлений, а за окончание — дата начала весенне-летнего половодья. Продолжительность половодья определяется по гидрографу Саратовского водохранилища с использованием среднего годового значения расхода воды на Жигулевской ГЭС (рис. 3.3). На графиках нанесены среднемесячные и среднегодовые значения расходов воды. Пересечение этих двух линий является началом и окончанием весенне-летнего половодья.

В соответствии с этим подходом были определены границы гидрологических сезонов для Саратовского водохранилища в 2001-2003 гг. (табл. 3.1). В 2002 г. весенне-летнее половодье на Саратовском водохранилище наблюдалось с 16 апреля по 21 июня, а в 2003 г. — с 19 апреля по 16 июня. Продолжительность данного гидрологического сезона в 2002 г. составила 66 суток, а в 2003 г. — 58 суток. Летне-осенняя межень в 2002 г. наблюдалась с 22 июня по 25 ноября, а в 2003 г. — с 17 июня по 8 декабря.

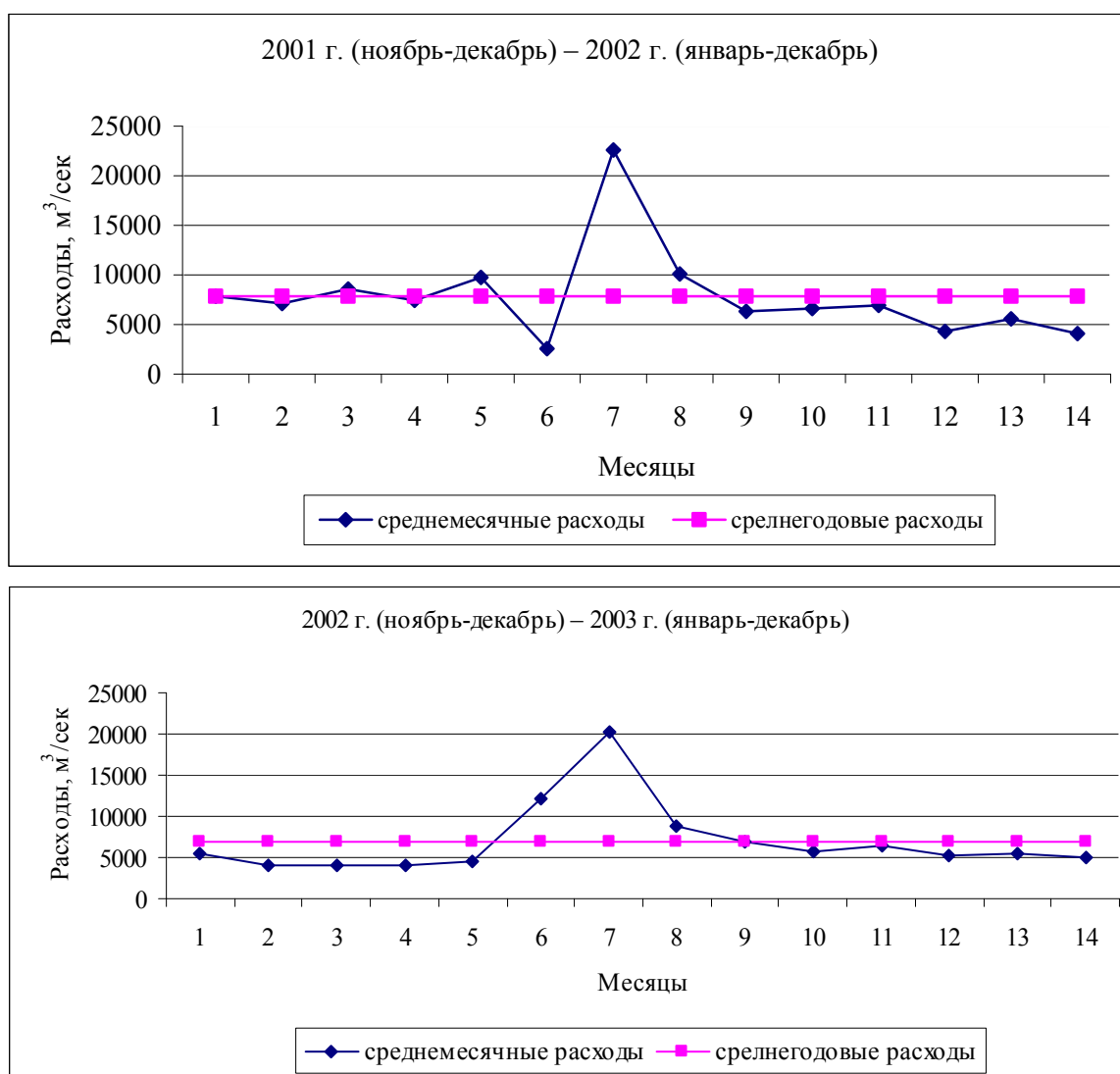


Рис. 3.3. Динамика расходов воды Саратовского водохранилища с ноября 2001 г. по декабрь 2003 г. (нумерация месяцев начинается с ноября (1) предыдущего и заканчивается декабрем (14) текущего года)

Продолжительность данного гидрологического сезона в 2002 г. составила 157 суток, а в 2003 г. – 175 суток. Зимняя межень в 2001-2002 гг. наблюдалась с 28 ноября по 15 апреля, а в 2002-2003 гг. – с 26 ноября по 18 апреля. Продолжительность данного гидрологического сезона в 2001-2002 гг. составила 138 суток, а в 2002-2003 гг. – 113 суток.

По данным наблюдений и результатам расчетов, установлено, что наиболее продолжительным гидрологическим сезоном на Саратовском водохранилище является летне-осенняя межень, которая начинается в конце июня и продолжается до конца ноября или начала декабря.

Таким образом, под влиянием гидросооружений в Саратовском водохранилище изменилось внутригодовое распределение стока, что обусловило изменение сроков гидрологических сезонов. Образование водохранилища отразилось на условиях теплообмена в нем, что подействовало на ледовый режим и на сроки наступления термических сезонов.

Таблица 3.1

Границы и продолжительность гидрологических сезонов

Сезон	Годы	Дата начала сезона	Дата окончания сезона	Продолжительность сезона
Зимняя межень	2001-2002	28 ноября	15 апреля	138
	2002-2003	26 ноября	18 апреля	113
Весенне-летнее половодье	2002	16 апреля	21 июня	66
	2003	19 апреля	16 июня	58
Летне-осенняя межень	2002	22 июня	25 ноября	157
	2003	17 июня	8 декабря	175

В табл. 3.2 приведена характеристика расходов воды Саратовского водохранилища по гидрологическим сезонам за период 2002-2003 гг. В весенне-летнее половодье средние расходы воды достигают наибольших значений и составляют 18 388-18 465 м³/сек, в летне-осеннюю межень средние расходы составляют 5926-6076 м³/сек и в зимнюю межень – 4220-7866 м³/сек. В изучаемый период максимальный средний расход составил 28310 м³/сек и наблюдался в весенне-летнее половодье 2002 г.

Таблица 3.2

Характеристика расходов воды по гидрологическим сезонам

Гидрологический сезон	Год	Расходы воды, м ³ /сек		
		Среднее	Максимальное	Минимальное
Весенне-летнее половодье	2002	18 465	28 310	6050
	2003	18 388	25 515	7115
Летнее-осенняя межень	2002	6076	9850	2050
	2003	5926	8635	2455
Зимняя межень	2002	7866	11 140	2550
	2003	4220	7890	2320

3.2. Определение фоновых концентраций веществ в воде

Исходными данными для расчета фоновых концентраций ($C_{\text{фон}}$) по каждому веществу послужили данные систематических наблюдений на Саратовском водохранилище. Пункт наблюдений за качеством воды находится на правом берегу водохранилища, на территории национального парка «Самарская Лука», в 2 км ниже по течению от Жигулевской ГЭС и является фоновым створом по отношению к точечным источникам г. Тольятти (рис. 3.4).

Наблюдения проводятся ежемесячно, начиная с 2000 г. Отбор проб воды в летне-осеннюю межень осуществляется батометром с научно-исследовательского судна (НИС)

«Биолог», а в период весеннего половодья и зимней межени ведром с бетонной стенки на расстоянии 3-5 м от берега (рис. 3.5). Глубина в месте отбора проб составляет 3-5 м. а горизонт наблюдений – 0.2-0.3 м.



Рис. 3.4. Условно фоновый створ

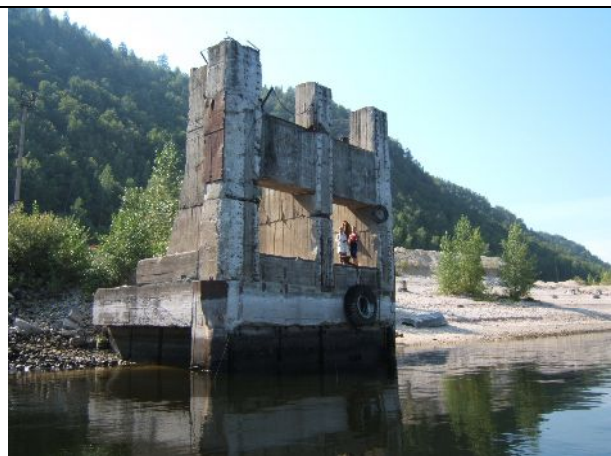


Рис. 3.5. Пункт наблюдений

Непосредственно на месте отбора проб измеряется температура воды и фиксируется растворенный кислород. Вода разливается в полиэтиленовую и стеклянную тару и доставляется автотранспортом в лабораторию к месту химического анализа в течение 1-2 часов (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Испытательная лаборатория ИЭВБ РАН

Химический анализ проб воды водохранилища осуществляется в лаборатории мониторинга водных объектов ИЭВБ РАН по действующим нормативно-методическим документам. Лаборатория укомплектована необходимыми приборами и оборудованием и имеет аккредитацию Федерального агентства по техническому регулированию, а также лицензию Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Полученные ряды наблюдений исследовались на однородность, решались задачи обнаружения грубых ошибок и локализации выбросов. Дискретность рядов наблюдений составляла не менее одного измерения в месяц на протяжении двух лет (Приложение 2).

О величине и сезонных изменениях концентраций веществ в воде Саратовского водохранилища в 2002-2003 гг. можно судить по графикам, представленным на рис. 3.7.

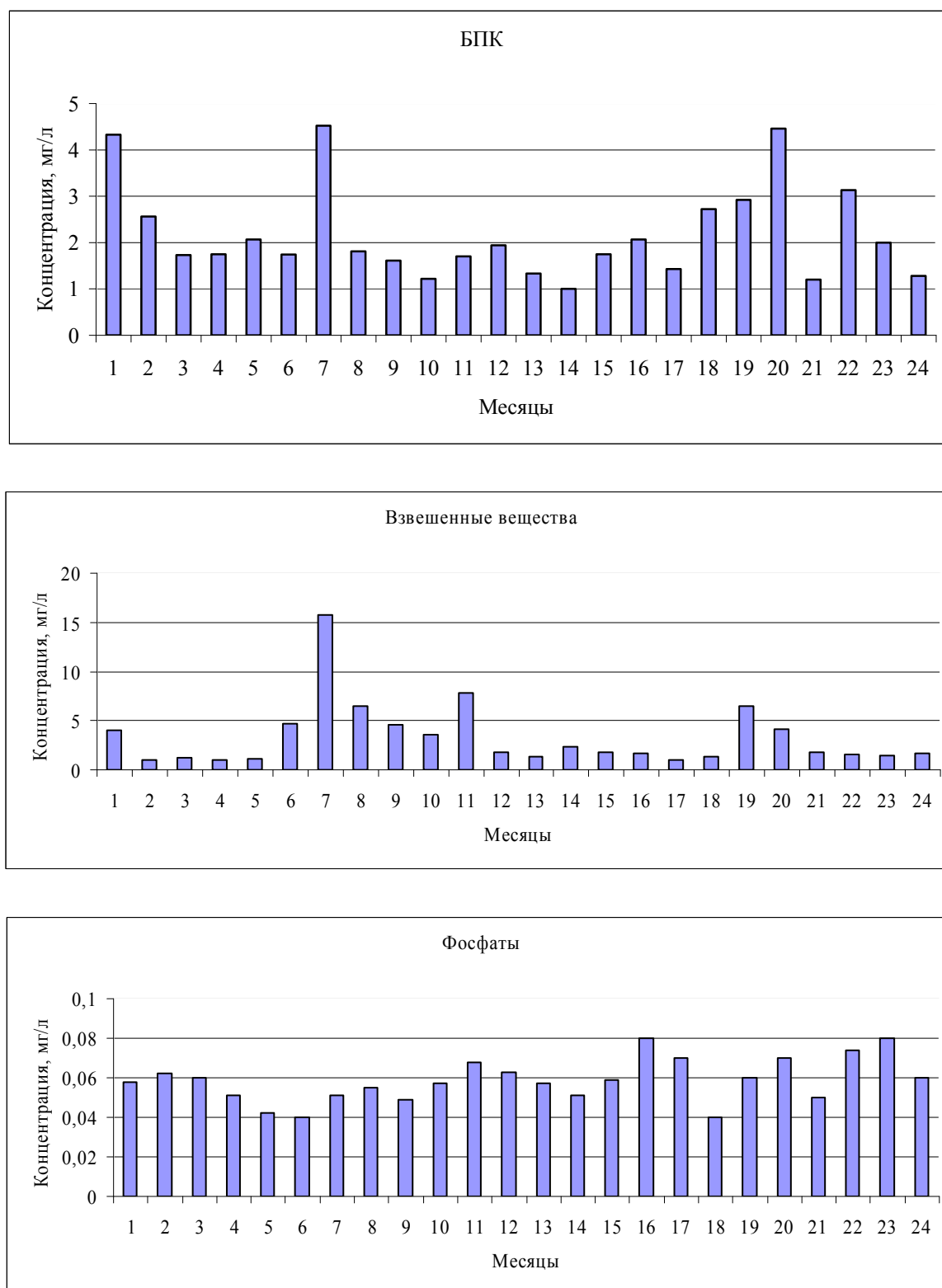


Рис. 3.7. Среднемесячные концентрации веществ в воде Саратовского водохранилища, начиная с января 2002 г. (1) по декабрь 2003 г. (24)

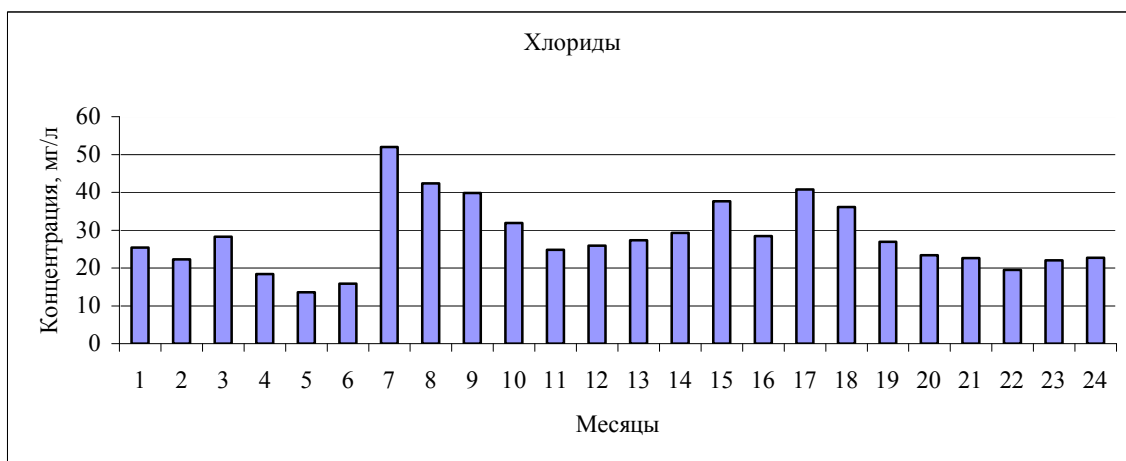
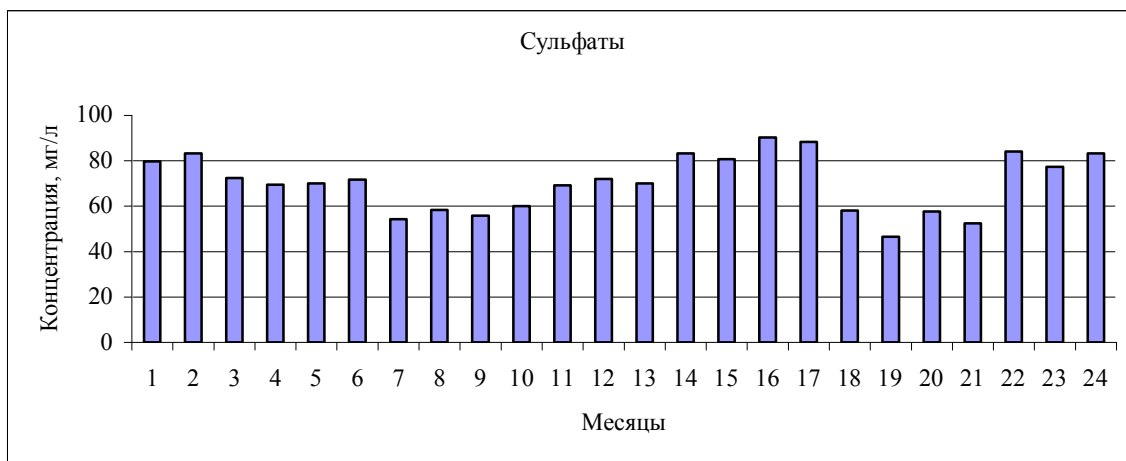
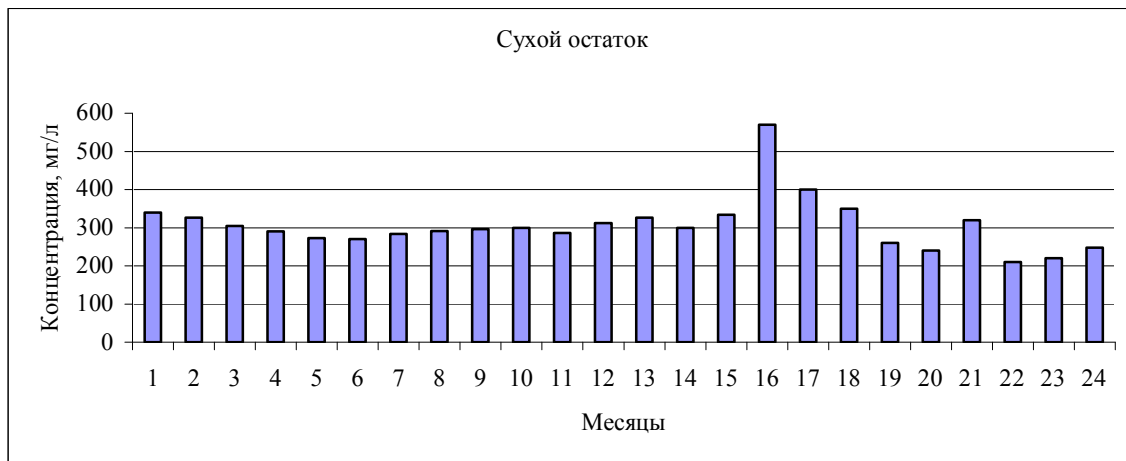


Рис. 3.7 (продолжение). Среднемесячные концентрации веществ в воде водохранилища, начиная с января 2002 г. (1) по декабрь 2003 г. (24)

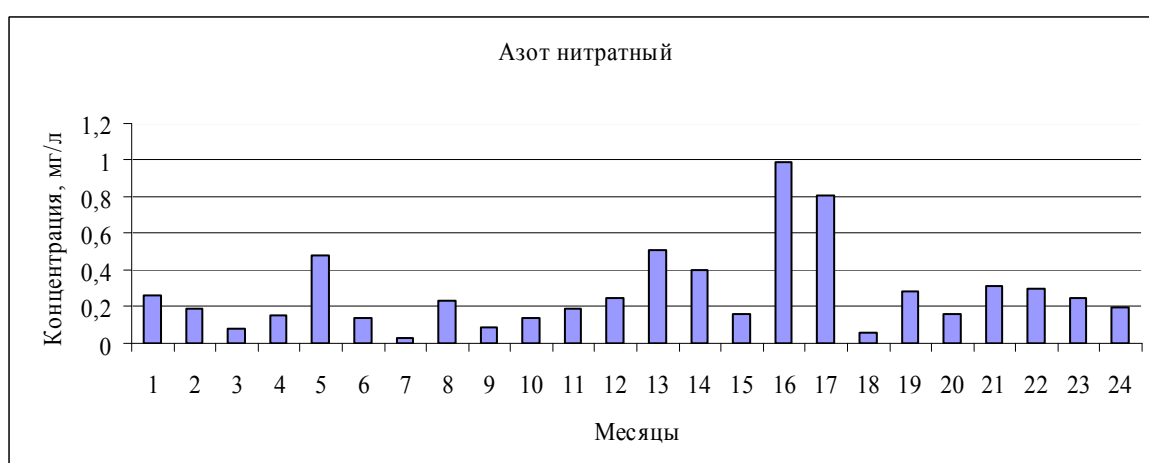
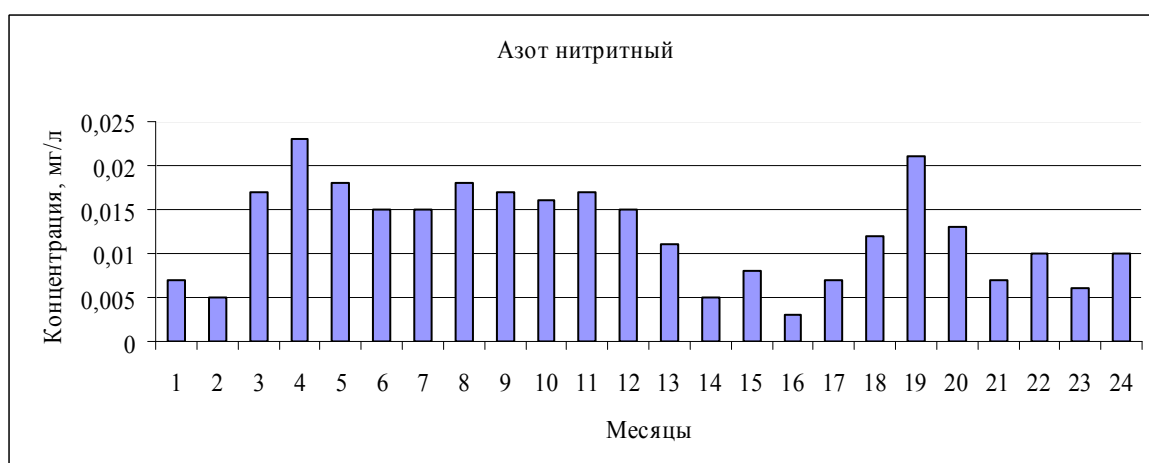
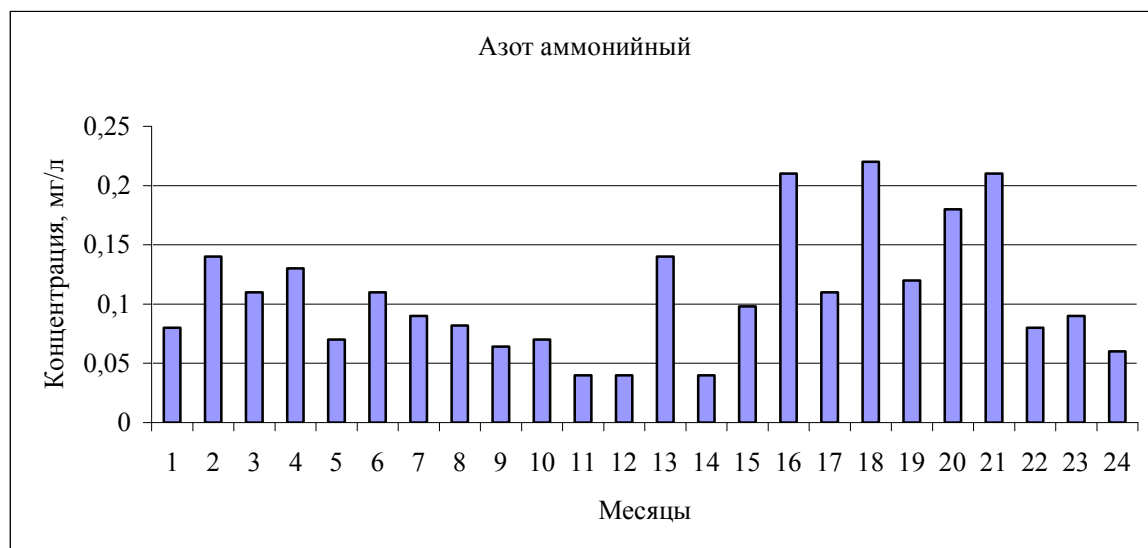


Рис. 3.7 (окончание). Среднемесячные концентрации веществ в воде водохранилища, начиная с января 2002 г. (1) по декабрь 2003 г. (24)

Анализ данных натурных наблюдений показывает, что концентрации веществ не имеют однозначной зависимости от расходов воды в водохранилище, хотя и отличаются между собой от месяца к месяцу.

Фоновые (средние) концентрации химических веществ ($C_{\text{фон}}$) рассчитываются для определенного створа водохранилища и являются количественной характеристикой содержания веществ в этом створе при ситуациях, обусловленных как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды водотока, так и влиянием всех источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа. Обработка выбранных для определения ($C_{\text{фон}}$) результатов наблюдений проводится по схеме (рис. 3.8).

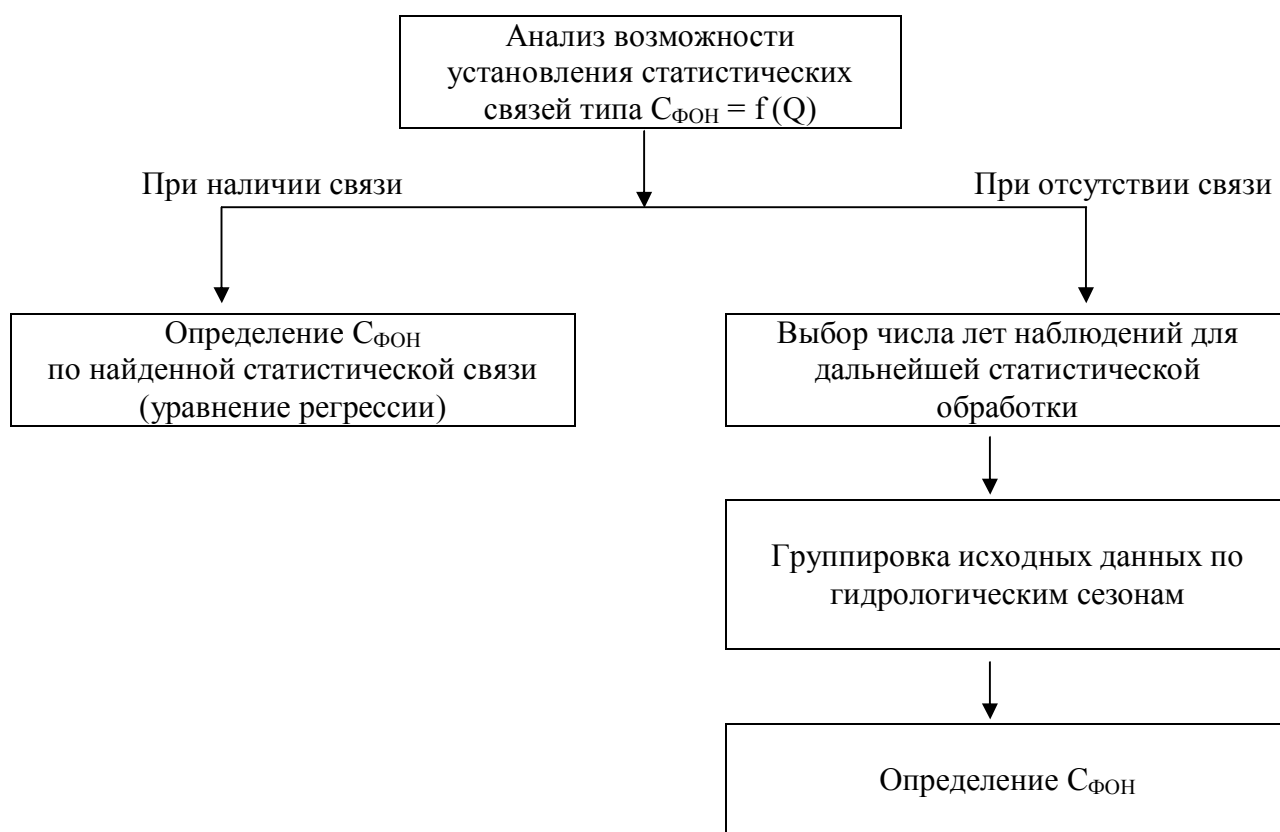


Рис. 3.8. Схема определения фоновой концентрации вещества

При отсутствии надежных статистических связей типа $C_{\text{фон}} = f(Q)$ производится последовательная выборка по следующим этапам:

- разбивка годового цикла на гидрологические сезоны, характерные для данного водохранилища;
- группировка исходных данных по гидрологическим сезонам в годовом цикле;
- выбор числа лет наблюдений для дальнейшей статистической обработки;
- определение фоновых концентраций ($C_{\text{фон}}$).

Выбранные для расчета $C_{\text{фон}}$ данные сведены в градации по характерным для Саратовского водохранилища гидрологическим сезонам (число градаций – 3). Основное условие – в каждой градации должно быть не менее трех значений концентрации. Из каждой градации исключались непредставительные значения. Исключение непредставительных значений концентраций проводилось в соответствии с Руководящим документом Росгидромета при уровне значимости, равным 0,01 (РД 52.24.622-2001).

При выборе числа лет для статистической обработки последний год принимался за основной. Из предыдущих лет брали данные только за те годы, в которых концентрации рассматриваемого вещества несущественно отличались от концентраций этого вещества за основной год в сезонной градации. Оценка существенности или несущественности различия сравниваемых выборок концентраций осуществляется с помощью известного статистического критерия.

Для расчета фоновых концентраций веществ в воде Саратовского водохранилища используется следующая формула:

$$C_{\text{фон}} = 1/n \sum_{i=1}^n C_{\text{фон}i}, \quad (3.1)$$

где $C_{\text{фон}}$ – средняя концентрация вещества в рассматриваемой градации в точке фонового створа водохранилища; $C_{\text{фон}i}$ – i -ое значение концентрации вещества в этой точке; n – число значений $C_{\text{фон}i}$, взятых для определения $C_{\text{фон}}$.

Фоновая концентрация вещества ($C_{\text{фон}}$) – это среднее значение содержания вещества в этом створе, обусловленное как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды водного объекта, так и влиянием всех источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа.

Результаты статистической обработки данных 2002-2003 гг. (Приложение 2) представлены в табл. 3.3. Статистические связи между концентрацией химических веществ в воде водохранилища и расходами воды отсутствуют. Поэтому применяется метод расчета фоновой концентрации при отсутствии связи между концентрацией вещества в воде водотока и расходом воды.

Таблица 3.3

Фоновые (средние) концентрации веществ в воде Саратовского водохранилища по гидрологическим сезонам

Наименование вещества	Величина, мг/л											
	Весенне-летнее половодье				Летне-осенняя межень				Зимняя межень			
	max	min	среднее	стандарт	max	min	среднее	стандарт	max	min	среднее	стандарт
БПК	2,7	1,4	1,8	0,4	4,5	1,2	2,5	0,4	4,3	1,0	2,0	1,1
Взвешенные вещества	4,7	1,0	1,9	1,4	3,7	1,5	2,57	0,3	4,0	1,0	1,9	1,0
Сухой остаток	570	270	361	115	320	210	271	37	340	248	311	29
Фосфаты	0,08	0,04	0,06	0,02	0,08	0,05	0,06	0,01	0,06	0,05	0,06	0,004
СПАВ	0,012	0,006	0,008	0,002	0,020	0,004	0,010	0,005	0,01	0,006	0,009	0,001
Азот нитратный	0,99	0,06	0,51	0,39	0,31	0,03	0,20	0,09	0,51	0,08	0,26	0,14
Сульфаты	90,3	58,1	78,0	12,3	84,1	46,5	61,6	8,1	83,3	70,1	78,1	5,6
Хлориды	40,8	13,6	23,4	11,3	52	19,5	30,5	5,8	37,6	22,3	27,4	4,8
Азот аммонийный	0,22	0,07	0,13	0,06	0,21	0,04	0,10	0,05	0,14	0,04	0,09	0,04
Азот нитритный	0,023	0,003	0,013	0,007	0,021	0,006	0,014	0,005	0,017	0,005	0,010	0,004
Железо	0,16	0,05	0,10	0,04	0,12	0,05	0,09	0,02	0,16	0,02	0,09	0,04
Медь	0,004	0,001	0,002	0,001	0,007	0,002	0,004	0,0015	0,004	0,001	0,003	0,001
Цинк	0,008	0,004	0,007	0,001	0,03	0,003	0,013	0,008	0,017	0,003	0,008	0,005
Алюминий	0,018	0,003	0,007	0,006	0,016	0,002	0,009	0,006	0,021	0,002	0,007	0,006
Нефтепродукты	0,11	0,02	0,07	0,03	0,11	0,01	0,04	0,018	0,45	0,01	0,14	0,13
Фенол	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001

3.3. Расчет региональных предельно допустимых концентраций веществ в воде Саратовского водохранилища

В настоящее время в качестве критерия при нормировании сброса загрязняющих веществ в водные объекты используются предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ в водотоках и водоемах культурно-бытового, санитарно-гигиенического и рыбохозяйственного назначения (Дополнительный перечень..., 1974; Лесников, 1975, 1979; Предельно допустимые..., 1983; Перечень рыбохозяйственных..., 1999). Установленные ПДК являются одинаковыми для всех водотоков и водоемов, расположенных на территории нашей страны, и зависят только от вида водопользования.

Единообразие рыбохозяйственных ПДК, полученных в лабораторных условиях, вызывает обоснованную неудовлетворенность, так как при этом не учитываются различные природно-географические, климатические и экологические условия формирования качества вод водных объектов. В результате, фоновые концентрации веществ в воде различных водных объектов могут существенно отличаться от ПДК как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. С экологических позиций обосновать целесообразность применения подобных ПДК не представляется возможным.

С одной стороны, некоторые ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин. Например, в незагрязненных человеком водных объектах концентрации таких нормированных веществ, как марганец, медь и фенолы, часто превышают их рыбохозяйственные ПДК, не создавая каких-либо затруднений для водопользования, и стремиться к достижению этих норм для таких условий просто нереально.

С другой стороны, ПДК по некоторым биогенным элементам явно завышены, что способствует активизации процесса эвтрофирования. Биогенные элементы являются неспецифическими «загрязнителями», активно участвующими в биопродукционных процессах водоема и, следовательно, определяющими характер структуры и функционирования водных экосистем (Мосияш и др., 2003). Их «нарушающее» действие на состояние экосистемы зачастую начинает проявляться при концентрациях значительно более низких, чем рыбохозяйственные нормативы, основанные на токсикологическом или санитарно-токсикологическом лимитирующем признаке вредности (ЛПВ). В связи с этим регламентирование содержания биогенов в водоеме по токсикологическому ЛПВ далеко не всегда приемлемо с экологических позиций. Оно должно базироваться не столько на результатах лабораторных исследований, сколько на анализе данных экологического мониторинга водного объекта.

Рассматривая все аспекты проблемы нормирования сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и учитывая высказывания исследователей по этому вопросу (Жуков и др., 1962; Красовский и др., 1982; Гумен и др., 1999; Valiquett et al., 1981; Young Der-Liang, Lin Quain-Hsin, 1989; Walling et al, 1997), можно прийти к выводу, что в основе эффективного метода регламентирования сбросов должна лежать оценка допустимых изменений концентрации лимитирующих веществ в водной среде. Вопрос лишь в том, что понимается под допустимым изменением концентрации веществ в воде водоемов и водотоков.

Ряд исследователей считает, что допустимые антропогенные изменения могут базироваться на концепции ПДК (Израэль, 1984; Караушев, Шварцман, 1991), а другие доказывают их экологическую несостоятельность. Ими сформулированы принципы регламентации антропогенной нагрузки, учитывающие гидрохимический режим и трофический статус водоемов. При этом обращается внимание на персистентность (естественное замедление деградации природной среды под влиянием загрязнителей, вызванное буферностью водной среды) и кумулятивные (суммирование вредных эффектов от воздействия загрязнителей) свойства загрязняющих веществ (Алимов и др.,

1979; Бейм, Зомер, 1991; Бердавцева, Леонов, 1992; Гельфенбуйм, Лепихин, 1993; Лепихин, 1993; Беляев, Черняев, 1998; Веницианов, Левит-Гуревич, 1998; Волков и др., 1993).

На взгляд автора ПДК должны быть региональными и учитывать различные особенности формирования качества вод водных объектов. Региональные ПДК могут быть получены на основе анализа данных регионального и локального мониторинга качества вод.

Концепция региональных ПДК основывается на принципе недопустимости изменения качества водной среды в регионе под действием антропогенной нагрузки. Воздействие конкретного источника загрязнения не должно приводить к ухудшению качества вод на величину, превышающую естественное состояние водоема. Поэтому за региональную предельно допустимую концентрацию вещества (РПДК) принимается верхняя граница возможных средних значений концентраций этого вещества, рассчитанная по данным мониторинга водного объекта:

$$C_{\text{РПДК}} = C_{\text{ФОН}} + \delta_{(\text{Сфон})} \cdot t_{\text{St}} / n^{1/2}, \quad (3.2)$$

где $C_{\text{ФОН}}$ – фоновое (среднее) значение концентрации вещества в фоновом створе; t_{St} – коэффициент Стьюдента при $P = 0,95$; n – число данных в градации; $\delta_{(\text{Сфон})}$ – среднее квадратичное отклонение как показатель рассеяния членов ряда относительно среднеарифметического значения концентрации химических веществ воде.

Фоновые концентрации химических веществ ($C_{\text{ФОН}}$) рассчитываются для определенного створа водного объекта и являются количественной (среднее значение) характеристикой содержания веществ в этом створе, обусловленных как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды водного объекта, так и влиянием всех точечных и диффузных источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа.

Для фоновых створов большинства водных объектов сопоставление эмпирического и теоретического распределений концентраций показывает не всегда удовлетворительное согласие распределения рядов данных с нормальным законом. Поэтому по мере накопления данных наблюдений в фоновых створах следует уточнять эмпирические законы распределения концентраций и аппроксимировать их соответствующими теоретическими законами распределения.

Для расчета региональных ПДК по формуле (3.2) использованы данные мониторинга качества вод Саратовского водохранилища в 2002-2003 гг. с учетом разбивки на отдельные градации или гидрологические сезоны. Для оценки средних значений ($C_{\text{ФОН}}$) и среднеквадратических отклонений ($\delta_{\text{Сфон}}$) выбраны данные, относящиеся к летне-осенней межени (табл. 3.3). По формуле (3.2) выполнен расчет региональных ПДК для Саратовского водохранилища по 16 показателям (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Фоновые ($C_{\text{фон}}$) и региональные допустимые концентрации ($C_{\text{РПДК}}$) веществ в воде Саратовского водохранилища

№ п/п	Наименование веществ	n	$C_{\text{фон}}$	$\delta_{S_{\text{фон}}}$	$t_{\text{ст}}$	$C_{\text{РПДК}}$
Общие показатели						
1	БПК	10	2,5	0,4	1,82	2,7
2	Взвешенные вещества	10	2,6	0,3	1,82	2,8
3	Сухой остаток	10	271	37	1,82	292
Санитарные показатели						
4	Фосфаты	10	0,06	0,01	1,82	0,07
Санитарно-токсикологические показатели						
5	СПАВ анионный	10	0,010	0,005	1,82	0,013
6	Азот нитратный	10	0,20	0,09	1,82	0,25
7	Сульфаты	10	61,6	8,1	1,82	66,3
8	Хлориды	10	30,5	5,8	1,82	33,8
Токсикологические показатели						
9	Азот аммонийный	10	0,10	0,05	1,82	0,13
10	Азот нитритный	10	0,014	0,005	1,82	0,017
11	Железо	10	0,09	0,02	1,82	0,10
12	Медь	10	0,004	0,0015	1,82	0,005
13	Цинк	10	0,013	0,008	1,82	0,018
14	Алюминий	10	0,009	0,006	1,82	0,012
Рыбохозяйственные показатели						
15	Нефтепродукты	10	0,04	0,01	1,82	0,046
16	Фенолы	10	0,0035	0,001	1,82	0,004

Полученные региональные ПДК ($C_{\text{РПДК}}$) существенно отличаются от действующих рыбохозяйственных ПДК (рис. 3.9). По одним веществам (сухой остаток, хлориды, сульфаты, фосфаты, азот нитратный, азот аммонийный, азот нитритный, СПАВ, алюминий) рыбохозяйственные ПДК превышают региональные, а по другим (меди, цинку, фенолам, нефтепродуктам, БПК) наблюдается обратная картина.

Региональные ПДК являются количественной характеристикой содержания веществ в воде водного объекта при наиболее неблагоприятных ситуациях, обусловленных как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды водного объекта, так и влиянием всех источников загрязнения, расположенных выше условно фонового створа.

Введение РПДК позволяет учесть природно-климатические особенности водных объектов и исправить ситуацию, когда рыбохозяйственные ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин.

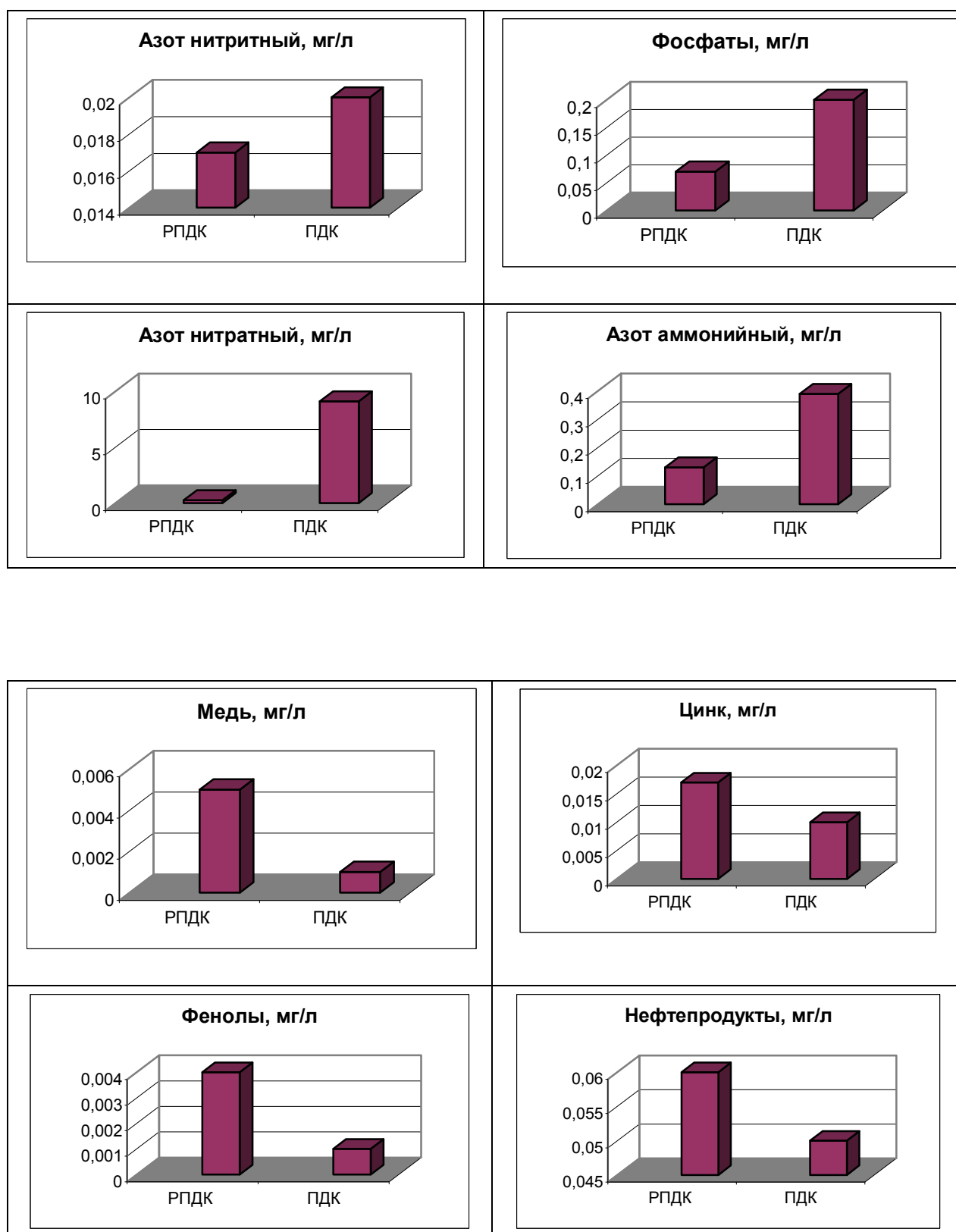


Рис. 3.9. Сравнение региональных и рыбохозяйственных ПДК для Саратовского водохранилища

ГЛАВА 4

ОЦЕНКА КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

При расчете нормативов ПДС используется кратность разбавления сточных вод в водном объекте (Методика расчета..., 1990; Усовершенствованные методические..., 1991; Методические указания..., 1999б). Правильность определения этой величины во многом определяет достоверность результатов расчета нормативов ПДС. Наиболее подробно методы расчета кратности разбавления сточных вод разработаны для таких природных водных объектов как реки и озера и, в меньшей степени – для природно-технических водных объектов, таких как водохранилища.

4.1. Общие закономерности разбавления сточных вод

Изучением закономерностей разбавления сточных вод в водных объектах занимались многие исследователи (Родзиллер, 1954, 1959, 1984, 1991; Руффель, 1960, 1968; Жуков и др., 1962; Паль, 1972; Лапшов, 1977; Черкинский, 1977; Баранник, Кресин, 1987; Методические основы..., 1987; Bakonyi. Jozsa, 1988; Клименко и др., 1991; Безобразов, 1993; Transport model..., 1993; Miller, Peirson, 1996; Бреховских и др., 1997).

Разбавление сточных вод – процесс снижения концентраций загрязняющих веществ в водных объектах, протекающий вследствие перемешивания сточных вод с водной массой водного объекта. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления (N), которая равна отношению избыточных концентраций загрязнений в месте выпуска к аналогичным концентрациям в рассматриваемом сечении (Методические основы..., 1987):

$$N = (C_{CB} - C_{ФОН}) / (C_K - C_{ФОН}), \quad (4.1)$$

где C_{CB} , $C_{ФОН}$, C_K – концентрации загрязняющих веществ, соответственно: в сточных водах, в условно фоновом и в контрольном створах.

Распространение примесей обычно происходит в направлении господствующих течений, и в этом же направлении кратность разбавления имеет тенденцию к увеличению. Так, в начальном сечении (месте сброса) сточных вод кратность разбавления равна единице. По мере удаления от точечного источника загрязнения и увеличения расходов водотока, концентрация веществ в сточных водах снижается, а кратность разбавления растет. В пределе, когда в процесс перемешивания вовлекаются всевозможные для данного водного объекта расходы воды, наступает полное перемешивание.

Значение концентрации загрязнений после полного перемешивания сточных вод получается из следующих соображений. В водный объект за интервал времени (dt) со сточными водами поступит количество загрязнений, равное $C_{CB} \cdot q \cdot dt$, а с водами притоков равное $\sum C_{ФОН} \cdot Q \cdot dt$, где Q – расход реки, q – расход сточных вод.

Допуская полное перемешивание сточных вод с окружающей водной средой, получим количество загрязнений, выходящих из рассматриваемого водного объекта за тот же интервал времени $C_K (q + \sum Q - Q_n) \cdot dt$, где Q_n – потери расхода воды без уноса вещества. Кроме того, часть загрязняющих веществ будет накапливаться в объеме водного объекта и за рассматриваемый период это количество составит $Z \cdot dC_K$, где Z – объем водного объекта.

Составляя баланс по загрязняющим веществам, имеем

$$C_{CB} \cdot q \cdot dt + \sum C_{ФОН} \cdot Q \cdot dt - C_K \cdot (q + \sum Q - Q_{\Pi}) \cdot dt + Z \cdot dC_K = 0, \quad (4.2)$$

а разделив переменные и интегрируя по времени от 0 до t и по концентрации от $C_{ФОН}$ до C_K , получим после простейших преобразований

$$C_K = \frac{C_{CB} \cdot q + \sum C_{ФОН} \cdot Q}{q + \sum Q - Q_{\Pi}} * [1 - \exp(-\frac{q + \sum Q - Q_{\Pi}}{Z} t)] + C_{ФОН} \cdot \exp(-\frac{q + \sum Q - Q_{\Pi}}{Z} t). \quad (4.3)$$

Полученное формулу и определяет значение концентрации загрязнений в произвольный момент времени при условии полного перемешивания сточных вод.

Проанализируем формулу (4.3) в применении к различным водным объектам. В водотоках (реки, каналы и т.п.) объем воды Z намного меньше объема стока $(q + \sum Q - Q_{\Pi}) \cdot t$, а величина Q_{Π} настолько мала, что ею можно пренебречь. В этом случае аргумент показательной функции стремится к бесконечности, а сама функция – к нулю. Указанное позволяет преобразовать выражение (4.3) к известному соотношению:

$$C_K = \{C_{CB} \cdot q + \sum (C_{ФОН} \cdot Q)\} / (q + \sum Q), \quad (4.4)$$

которое определяет среднюю концентрацию загрязнений в водотоке в створе полного перемешивания.

В случае проточных озер и водохранилищ отношение объема воды в водоеме к среднему многолетнему стоку представляет собой период полного обмена воды:

$$\beta_{\sigma} = Z / (q + \sum Q - Q_{\Pi}). \quad (4.5)$$

Подставляя это значение в формулу (4.3), получим:

$$C_K = (C_{CB} \cdot q + \sum C_{ФОН} \cdot Q) \cdot \beta_{\sigma} / Z \cdot [1 - \exp(-t / \beta_{\sigma})] + C_{ФОН} \cdot \exp(-t / \beta_{\sigma}). \quad (4.6)$$

Поскольку в дальнейшем мы будем иметь дело в основном с установившимся распространением концентраций, а из уравнения (4.6) следует, что стационарное значение концентрации будет иметь место лишь при $t \rightarrow \infty$, следует ограничить время и значение концентрации определенной, достаточной для практических расчетов точностью. Можно положить значение показательной функции равным нулю в том случае, когда $t \geq 4\beta_{\sigma}$, т. е. считать процесс распределения концентраций установившимся, если время поступления сточных вод превышает время четырехкратного периода обмена воды в водоеме. Уравнение (4.6) в этом случае принимает вид

$$C_K = \{C_{CB} \cdot q + \sum (C_{ФОН} \cdot Q)\} \cdot \beta_{\sigma} / Z. \quad (4.7)$$

Участок водоема или водотока от места выпуска сточных вод до сечения, где произойдет их полное перемешивание, условно разделяют на три зоны.

Первая зона – начальное разбавление. Здесь процесс разбавления происходит вследствие увлечения окружающей жидкости турбулентным струйным потоком, образующимся при истечении сточных вод из оголовка выпуска. В результате этого наблюдается заметное снижение концентраций загрязнений, что происходит до сечения, где разность скоростей струйного потока и окружающей среды становится незначительной.

Здесь важную роль играют такие факторы, как конструкция выпускного сооружения; число, форма и размеры выпускных отверстий; расход и относительная скорость выпускаемых сточных вод, технологические и санитарные показатели сточных вод (физические свойства, концентрации загрязняющих компонентов и др.). Установлено, что начальное разбавление протекает более интенсивно при рассеивающих выпусках. При этом расстояние до створа заданной степени разбавления значительно сокращается по сравнению с сосредоточенным выпуском.

В выходящих из выпуска сточных водах, как правило, начальная скорость истечения превышает скорость движения водной среды. Влияние этой разности находит свое отражение в возникновении турбулентного струйного потока, основной особенностью которого является утолщение пограничного слоя путем увлечения частиц окружающего пространства. Это приводит к постепенному уменьшению скоростей потока и концентраций загрязнений. Из физических свойств сточных вод наибольшее влияние на разбавление оказывают начальная плотность и температура, причем не их абсолютные значения, а разность между ними и аналогичными параметрами водной среды, т. е. избыточные плотность и температура. Снижение концентраций в струйном потоке и называют начальным разбавлением.

Вторая зона – основное разбавление. Обычно течение в водотоках и водоемах носит турбулентный характер, а степень перемешивания во второй зоне определяется интенсивностью турбулентного обмена.

Здесь определяющими являются характер движения водных масс в форме течений и токов; причины, вызывающие эти движения: сток, ветер, стратификация температур и плотностей; морфометрические характеристики русла водотока или ложа водоема; степень проточности; состав и свойства водной среды.

Из факторов, действующих во второй зоне, рассмотрим отдельно водотоки и водоемы в связи с их различными гидрологическими особенностями.

Течение водотоков всегда носит турбулентный характер, а степень смешения сточных вод зависит от развитости турбулентной диффузии. При этом на участке начального разбавления влияние интенсивности турбулентной диффузии имеет подчиненное значение по сравнению с действием турбулентной струи, но в дальнейшем это влияние проявляется сильнее и с некоторого момента полностью определяет характер протекания процесса разбавления. Эта стадия разбавления, обусловленная турбулентной диффузией и, следовательно, определяющаяся гидрологическими параметрами потока, названа основным разбавлением.

На ход процесса разбавления оказывают определенное влияние морфологические особенности берегов и ложа водотока: изрезанность береговой линии, острова, перекаты, теснины, пороги и пр. Воздействие этих факторов на динамику потока, а значит, и на его диффузионную способность заключается в раздроблении установившейся структуры течений, образовании завихрений, что способствует более эффективному перемешиванию вод.

В водоемах (озерах) наблюдаются различного рода течения и токи, обуславливающие перенос загрязняющих вод в направлении вектора скорости. К числу причин, вызывающих движение вод, можно отнести сток, ветер, разность плотностей и температур, приливообразующие силы, перемены в атмосферном давлении и др. Кроме того, на характер течения действуют отклоняющая сила земли, строение ложа водоема, трение и пр. Поскольку на образование течений влияет несколько факторов, то при анализе течений обычно выбирают главное. Поэтому течения подразделяются на стоковые и ветровые.

За створом полного перемешивания располагается третья зона, снижение концентраций загрязнений в которой определяется лишь процессами самоочищения.

Зная значения кратности разбавления на каждом из рассмотренных участков, можно получить общую кратность разбавления. Пусть концентрация загрязняющего вещества в первой точке равна C_1 , а во второй – C_2 , при этом $C_1 > C_2$. Тогда разбавление от места выпуска до первой точки составит

$$N_H = (C_{CB} - C_{ФОН}) / (C_1 - C_{ФОН}), \quad (4.8)$$

От первой до второй точки

$$N_O = (C_1 - C_{ФОН}) / (C_2 - C_{ФОН}), \quad (4.9)$$

А общее разбавление на рассматриваемом участке

$$N = (C_{CB} - C_{ФОН}) / (C_2 - C_{ФОН}), \quad (4.10)$$

Решая уравнение (4.8) относительно $(C_{CB} - C_{ФОН})$, а уравнение (4.9) относительно $(C_2 - C_{ФОН})$ и подставляя результаты в выражение (4.10), получим

$$N = N_H \cdot N_O. \quad (4.11)$$

4.2. Простые методы расчета кратности разбавления сточных вод

Рассмотрим методы расчета кратности разбавления сточных вод отдельно для водотоков и водоемов, учитывая их различные гидрометеорологические особенности.

Методы расчета в водотоках (реках). Кратность начального разбавления (N_H) при выпуске сточных вод в водотоки (Лапшов, 1977) учитывается в следующих случаях: $V_{CB} \geq 4 V_P$ и $V_{CB} \geq 2$ м/с, где V_P – скорость водотока и V_{CB} – скорость сточных вод на выпуске.

Для единичного напорного выпуска кратность начального разбавления рассчитывается следующим образом. Сначала вычисляются отношения:

$$V_{СТРУЯ} / V_P - 1 = (V_P + 0,15) / V_P - 1, \quad m = V_P / V_{CB}, \quad (4.12)$$

где $V_{СТРУЯ}$ – скорость на оси струи. По номограмме находится отношение d/d_0 , где d – диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления, d_0 – диаметр выпуска. Затем по номограмме находится кратность начального разбавления N_H по известным величинам m и d/d_0 .

Для рассеивающего напорного выпуска расчет осуществляется следующим образом. Задаваясь числом выпускных отверстий оголовка выпуска n_0 и скоростью истечения сточных вод из них $V_{CB} \geq 2$ м/с, определяют диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска:

$$d_0 = \{4 \cdot q / (\pi \cdot V_{CB} \cdot n_0)\}^{1/2}, \quad (4.13)$$

где q – суммарный расход сточных вод, м³/с. Затем по номограмме определяется отношение d/d_0 , и найденное значение d сравнивается с глубиной реки H . Если $d < H$, то по номограмме находят кратность начального разбавления N_H .

Кратность основного разбавления определяется по методу Фролова-Родзиллера:

$$N_0 = (q + \gamma \cdot Q) / q, \quad (4.14)$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточной жидкостью в максимально загрязненной струе данного створа:

$$\gamma = \{1 - \exp(-\alpha \cdot L^{1/3})\} / \{1 + (Q/q) \cdot \exp(-\alpha \cdot L^{1/3})\}, \quad (4.15)$$

где L – расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м; α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot (\mu_c / q)^{1/3}, \quad (4.16)$$

где φ – коэффициент извилистости реки (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой); ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в речной поток $\xi = 1,5$); μ_c – коэффициент турбулентной диффузии.

Для летнего времени

$$S = (g \cdot V \cdot H) / (37 \cdot K_{ш} \cdot E^2), \quad (4.17)$$

где g – ускорение свободного падения; V – средняя скорость течения реки; H – средняя глубина реки; $K_{ш}$ – коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по таблице М.Ф. Скрибного; E – коэффициент Шези, который рекомендуется определять по формуле Н.Н. Павловского

$$E = R^y / K_{ш}, \quad (4.18)$$

где R – гидравлический радиус потока (для летних условий $R \approx H$ – глубине потока); y – коэффициент, определяемый по формуле

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{K_{ш}} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{K_{ш}} - 0,1). \quad (4.19)$$

Для повышения точности расчетов вместо средних значений V , H , $K_{ш}$, S рекомендуется брать их значения в зоне непосредственного смешения сточной воды с речной водой.

Рассмотренный метод может применяться при соблюдении следующего неравенства:

$$0,0025 \leq q / Q \leq 0,1. \quad (4.20)$$

Методы расчета на водоемах (озерах). При наличии в водоеме устойчивых ветровых течений для расчета кратности общего разбавления может быть использован метод М.А. Руффеля. В расчетах по этому методу рассматриваются два случая:

а) выпуск в мелководную часть или в верхнюю треть глубины водоема, когда загрязненная струя распространяется вдоль берега под воздействием прямого поверхностного течения, имеющего одинаковое с ветром направление;

б) выпуск в нижнюю треть глубины водоема, когда загрязненная струя распространяется к береговой полосе против выпуска под воздействием донного компенсационного течения, имеющего направление, обратное направлению ветра.

Кратность начального разбавления N_H вычисляется следующим образом:

а) при выпуске сточных вод на мелководье или верхнюю часть глубины –

$$N_H = (q + 0,00215 \cdot U \cdot H_{cp}^2) / (q + 0,000215 \cdot U \cdot H_{cp}^2), \quad (4.21)$$

где q – расход сточных вод выпуска, m^3/c ; U – скорость ветра над водной поверхностью в месте выпуска сточных вод, m/c ; H_{cp} – средняя глубина водоема вблизи выпуска, m .

б) при выпуске сточных вод в нижнюю треть глубины –

$$N_H = (q + 0,00158 \cdot U \cdot H_{cp}^2) / (q + 0,000079 \cdot U \cdot H_{cp}^2), \quad (4.22)$$

Кратность основного разбавления (N_O) вычисляется следующим образом:

а) при выпуске сточных вод на мелководье или верхнюю часть глубины –

$$N_O = 1 + 0,412 \cdot (L / \Delta X)^{0,627 + 0,0002 \cdot L / \Delta X}, \quad (4.23)$$

где L – расстояние от места выпуска до контрольного створа, m ;

$$\Delta X = 6,53 \cdot H_{cp}^{1,17} \quad (4.24)$$

б) при выпуске сточных вод в нижнюю треть глубины:

$$N_O = 1,85 + 2,32 \cdot (L / \Delta X)^{0,41 + 0,0064 \cdot L / \Delta X}, \quad (4.25)$$

$$\Delta X = 4,41 \cdot H_{cp}^{1,17}. \quad (4.26)$$

Метод М.А. Руффеля имеет следующие ограничения: глубина зоны смешения не превышает 10 м, расстояние от выпуска до контрольного створа вдоль берега в первом случае не превышает 20 км, расстояние от выхода сточных вод до берега против выпускного оголовка во втором случае не превышает 0,5 км.

Расчет кратности разбавления на водохранилищах. Водохранилища являются природно-техническими водными объектами со своеобразным режимом течений. Поля течений характеризуются существенной временной изменчивостью и пространственной неоднородностью, обусловленной работой гидроэлектростанций.

Метод расчета кратности разбавления, по И.Д. Родзиллеру, применительно к Саратовскому водохранилищу в районе сброса сточных вод г. Тольятти не подходит, так как не соблюдается основное условие данного метода ($0,0025 \leq q / Q \leq 0,1$).

Метод М.А. Руффеля можно использовать с большой натяжкой, потому что данный метод применим к водоемам, где преобладают ветровые течения. На Саратовском водохранилище приоритетность того или иного вида течений зависит от регулирования расходов воды на Жигулевской ГЭС и от синоптических условий.

Кратность общего разбавления сточных вод на Саратовском водохранилище в районе сброса сточных вод г. Тольятти определялась по формуле

$$N = N_H \cdot N_O, \quad (4.27)$$

где N_H – кратность начального разбавления; N_O – кратность основного разбавления.

Кратность начального разбавления (N_H) вычислялась по методу М.А. Руффеля, так как этот метод лучше отвечает гидрологическим условиям водохранилища в районе сброса сточных вод г.Тольятти, чем метод Н.Н. Лапшова. Сброс сточных вод в Саратовское водохранилище осуществляется посредством рассеивающего выпуска в глубоководную часть водоема, поэтому кратность начального разбавления (N_H) вычисляется по следующей формуле:

$$N_H = q + 0,00158 \cdot U \cdot (H_{cp})^2 / q + 0,000079 \cdot U \cdot (H_{cp})^2, \quad (4.28)$$

где q – расход сточных вод выпуска, m^3/c ; U – скорость ветра над водной поверхностью в месте выпуска сточных вод, m/c ; H_{cp} – средняя глубина водохранилища вблизи выпуска.

В качестве исходной информации приняты следующие значения:

- источник № 1 – $q = 3,32 m^3/c$; $U = 3,4 m/c$; $H_{cp} = 6 m$;
- источник № 2 – $q = 2,12 m^3/c$; $U = 3,4 m/c$; $H_{cp} = 6 m$;
- источник № 3 – $q = 0,73 m^3/c$; $U = 3,4 m/c$; $H_{cp} = 6 m$.

Тогда кратность начального разбавления составит:

- источник № 1 – $N_H = 3,32 + 0,00158 \cdot 3,4 \cdot 6^2 / 3,32 + 0,000079 \cdot 3,4 \cdot 6^2 = 1,06$;
- источник № 2 – $N_H = 2,12 + 0,00158 \cdot 3,4 \cdot 6^2 / 2,12 + 0,000079 \cdot 3,4 \cdot 6^2 = 1,09$;
- источник № 3 – $N_H = 0,73 + 0,00158 \cdot 3,4 \cdot 6^2 / 0,73 + 0,000079 \cdot 3,4 \cdot 6^2 = 1,25$.

Кратность основного разбавления (N_O) будет одинакова для трех выпусков и вычисляется следующим образом:

$$N_O = 1,85 + 2,32 \cdot (L / \Delta X)^{0,41 + 0,0064 \cdot L / \Delta X}, \quad (4.29)$$

где $\Delta X = 4,41 \cdot H_{cp}^{1,17}$, L – расстояние от места выпуска до контрольного створа, м. В качестве исходной информации приняты следующие значения: $V = 3,4 m/c$; $H_{cp} = 6 m$, $L = 500 m$. Тогда кратность основного разбавления по методу М.А. Руффеля составляет

$$N_O = 1,85 + 2,32 \cdot (500/35,88)^{0,41 + 0,0064 \cdot 500 / 35,88} = 10,49.$$

Кратность общего разбавления составит:

- точечный источник № 1 – $N = 1,06 \cdot 10,49 = 11,11$;
- точечный источник № 2 – $N = 1,09 \cdot 10,49 = 11,43$;
- точечный источник № 3 – $N = 1,25 \cdot 10,49 = 13,11$.

4.3. Определение кратности разбавления с использованием численного моделирования

Наиболее достоверно кратность разбавления сточных вод можно определить с помощью математической модели водоема для расчета течений и динамики загрязняющих веществ. В связи с этим важная роль принадлежит выбору, адаптации и верификации уже существующих математических моделей. В настоящее время именно отсутствие надежной верификации теоретических моделей по данным натурных наблюдений и является сдерживающим фактором их применения для расчета кратности разбавления сточных вод.

Кратность основного разбавления (N_O) рассчитывается по следующей формуле (метод А.В. Караушева):

$$N_O = (C_{CB} - S_{ФОН}) / (S_{МАКС} - S_{ФОН}), \quad (4.30)$$

где $S_{МАКС}$ – максимальная концентрация нормируемого вещества в контрольном створе; C_{CB} – концентрация вещества заданной обеспеченности в сточных водах. Для каждого вещества $S_{МАКС}$ определяется с помощью математической модели водоема.

Математическая модель Саратовского водохранилища разработана в ИЭВБ РАН в программной среде «CARDINAL» (Клеванный, Матвеев, 1994). Модель основана на известных уравнениях гидродинамики и уравнениях баланса для концентрации различного рода примесей (консервативных или неконсервативных) в воде:

$$U_t + (U^2/H)_x + (UV/H)_y + gH\zeta_x = fV + k_w W_{(x)} |W| - \mu U|V|/H^2 + \chi \nabla^2 U - H \partial p_a / \rho_o \partial x, \quad (4.31)$$

$$V_t + (UV/H)_x + (V^2/H)_y + gH\zeta_y = -fU + k_w W_{(y)} |W| - \mu V|V|/H^2 + \chi \nabla^2 V - H \partial p_a / \rho_o \partial y, \quad (4.32)$$

$$\zeta_t + U_x + V_y = \omega, \quad (4.33)$$

где U, V – интегрированные по глубине координаты u и v вектора скорости; ζ – уровень; $H = h + \zeta$, $h = h(x, y)$ – невозмущенная глубина; f – параметр Кориолиса; k_w – ветровой коэффициент; $W_{(x)}$ и $W_{(y)}$ – декартовы составляющие скорости ветра W ; μ – коэффициент придонного трения; V – вектор полного потока; p_a – давление; g – ускорение свободного падения; ρ_o – плотность воды; χ – коэффициент горизонтального турбулентного обмена; ω_s – функция источников воды.

Рассчитанные в ходе гидродинамических расчетов стационарные (или квазистационарные) поля течений используются для расчета динамики загрязняющих веществ в водотоке. Осредненное по глубине уравнение переноса и диффузии примеси имеет следующий вид:

$$(cH)_t + (Uc)_x + (Vc)_y = \mu_c \nabla^2 (cH) - \lambda cH + \omega_s c_s, \quad (4.34)$$

где c – концентрация; μ_c – коэффициент турбулентной диффузии примеси, λ – коэффициент неконсервативности, c_s – концентрация примеси в источнике.

Общепринятых выражений для k_w, μ, μ_c, χ не существует, и они выбираются в ходе адаптации математической модели к условиям конкретных водных объектов после проведения специальных экспериментальных исследований на водоеме или водотоке.

Безразмерный коэффициент сопротивления водной поверхности (k_w) в данной работе определяется с использованием формулы:

$$k_w = 10^{-6} (0,63 + 0,066 W), \quad (4.35)$$

где W – скорость ветра на высоте 10 м над уровнем воды. Коэффициент придонного трения (μ), зависящий от размера и состава донного грунта, определяется по формуле Маннинга

$$\mu = g n^2 / h^{1/3}, \quad (4.36)$$

где n – параметр шероховатости, равный 0,020-0,035; h – глубина.

Несмотря на то, что имеется большое количество формул для определения коэффициента горизонтального турбулентного обмена (χ) и коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии (μ_c), проблема их оценки требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований. Проведенные численные эксперименты и натурные исследования на водохранилищах Волги показывают, что в первом приближении для решения прогностических задач вполне допустимо определять χ и μ_c выражениями

$$\chi = 0,15 L^2 |\text{grad } V| \quad \text{и} \quad \mu_c = 100 \exp(1,15 \ln L),$$

где L – шаг сетки, $\text{grad } V$ – сумма градиентов составляющих скорости.

Данная модель была использована для расчета $S_{\text{макс}}$ на участке Саратовского водохранилища в районе сброса сточных вод г. Тольятти. В качестве иллюстрации на рис. 4.1 представлены фрагмент расчетной сетки и поля скорости течения, а на рис. 4.2 результаты расчета распространения сточных вод г. Тольятти в Саратовском водохранилище (Рахуба, 2005).

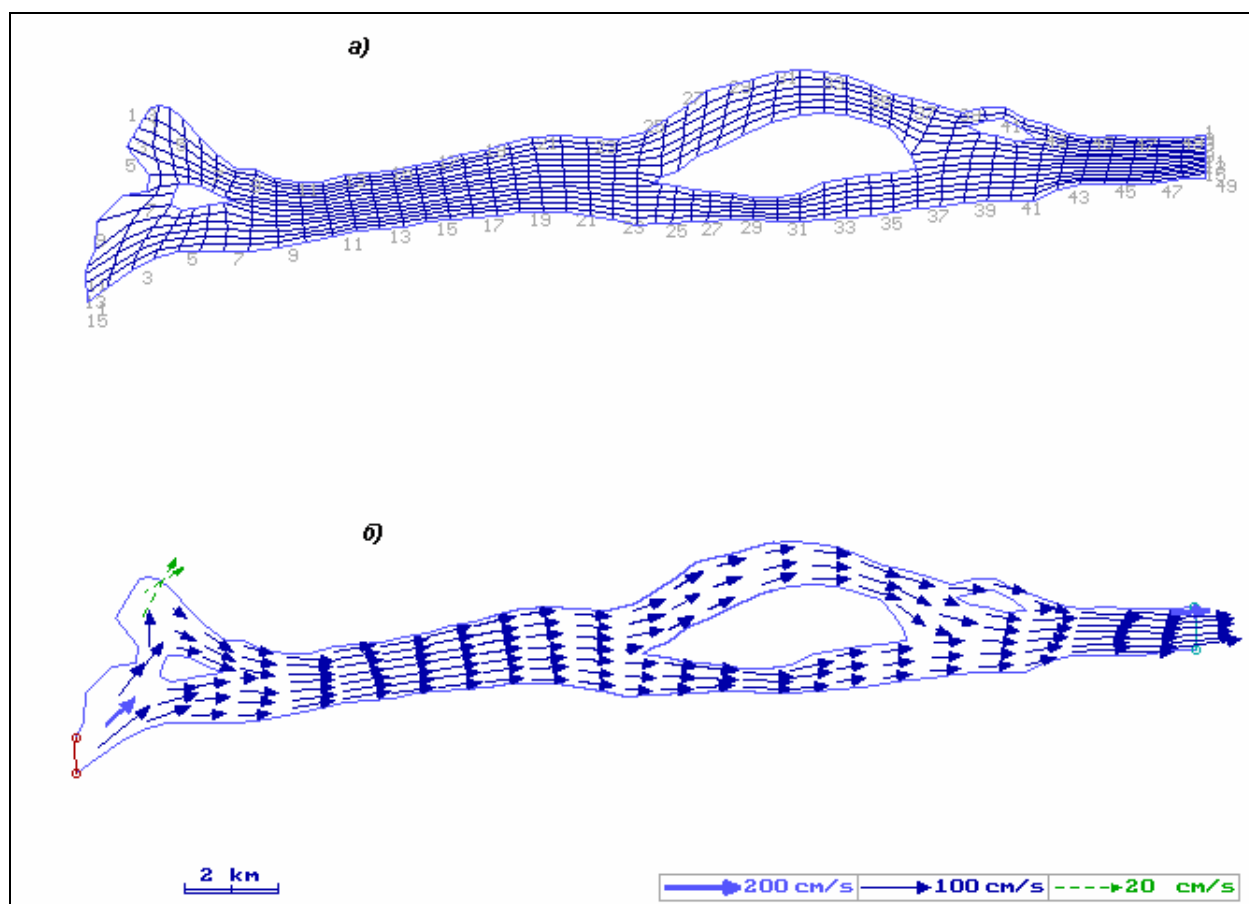


Рис. 4.1. Расчетная сетка (а) и фрагмент поля скорости течения (б)

На рисунках видно, что зона загрязнения вытянута вдоль основного водного потока. Протяженность зоны составляет 10-12 км, а ширина зоны в непосредственной близости от места сброса достигает 100-200 м. По мере удаления от источника

загрязнения ширина зоны увеличивается, а концентрация веществ в ней уменьшается. Границы зоны загрязнения неустойчивы во времени и пространстве.

Для определения $S_{\text{МАКС}}$ в модель вводились следующие данные:

- конфигурация области расчета, включая острова, дамбы и другие объекты;
- значения глубин в области расчета;
- данные о расходах или уровнях на участках открытой границы;
- концентрации загрязнения на открытых границах и местоположение источников загрязнения;
- данные о ветре;
- начальные поля уровня, скорости и концентрации.

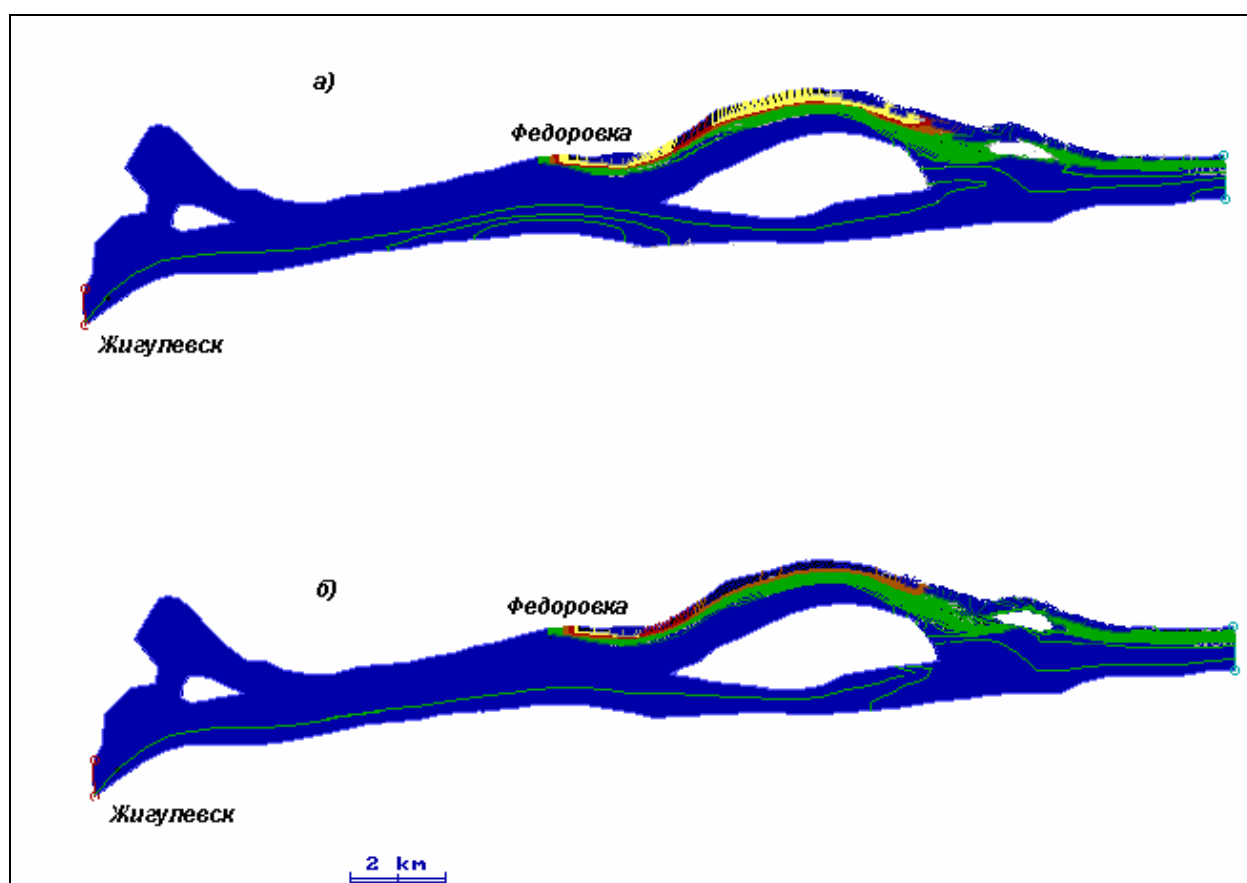


Рис. 4.2. Поле концентрации консервативной примеси на 12 (а) и на 24 (б) часа

Конфигурация области расчета и значения глубин взяты из Атласа Саратовского водохранилища, уточнение глубин в районах сброса сточных вод проведено по данным эхолотных промеров, выполненных ИЭВБ РАН. Данные о расходах воды получены на основе материалов, представленных Жигулевской ГЭС. Концентрации загрязнения на открытых границах принимались как максимальные значения для конкретного гидрологического сезона. Данные о ветре получены на основе анализа многолетних рядов наблюдений на «Дамбе-41».

По результатам расчетов на модели кратность основного разбавления на Саратовском водохранилище в районе сброса сточных вод г. Тольятти составляет 19,8. Тогда кратность общего разбавления для 3-х выпусков составит:

- точечный источник № 1 – $N = 1,06 \cdot 19,8 = 20,99$;
- точечный источник № 2 – $N = 1,09 \cdot 19,8 = 21,58$;
- точечный источник № 3 – $N = 1,25 \cdot 19,8 = 24,75$.

4.4. Определение кратности разбавления сточных вод по данным экспериментальных наблюдений

Определение кратности разбавления сточных вод в водохранилище по упрощенным формулам или номограммам не вызывает уверенности в достоверности, полученных результатов. Поэтому предлагается определять кратность разбавления сточных вод на основе натурных наблюдений на водном объекте в рамках локального мониторинга (рис. 4.3).



Рис. 4.3. НИС «Биолог», оборудованный системой диагностики типа «Хитон»

Решить задачу о разбавлении сточных вод в водохранилище означает определить концентрацию одного или нескольких загрязняющих веществ в любой точке локальной зоны этого водного объекта, подверженной влиянию сточных вод. При этом нужно установить картину распространения загрязняющих веществ в водохранилище под влиянием сброса сточных вод и гидродинамических и морфологических факторов.

Для определения кратности разбавления выбран участок Саратовского водохранилища протяженностью 11 км в районе сброса сточных вод г. Тольятти (рис. 4.4).

Из-за близкого расположения гидроэлектростанции (8 км выше по течению от места сброса сточных вод), работающей в недельном и суточном режиме регулирования расходов воды, исследуемый участок водохранилища характеризуется неустановившимся гидрологическим режимом. В ночной период периодически возникают слабые обратные течения воды.

Сброс сточных вод г. Тольятти осуществляется в мелководную часть водохранилища через три рассеивающих выпуска на расстоянии 500 м от левого берега. Глубина в месте сброса сточных вод при нормальном подпорном уровне (НПУ) составляет 4-6 м.

Сточные воды характеризуются повышенной минерализацией и температурой по отношению к фоновым показателям воды Саратовского водохранилища. При наличии приборов оперативного контроля качества вод, позволяющих быстро и с высокой точностью измерять температуру и электропроводность воды на больших акваториях водохранилищ, оба показателя вполне могут служить индикаторами сточных вод.

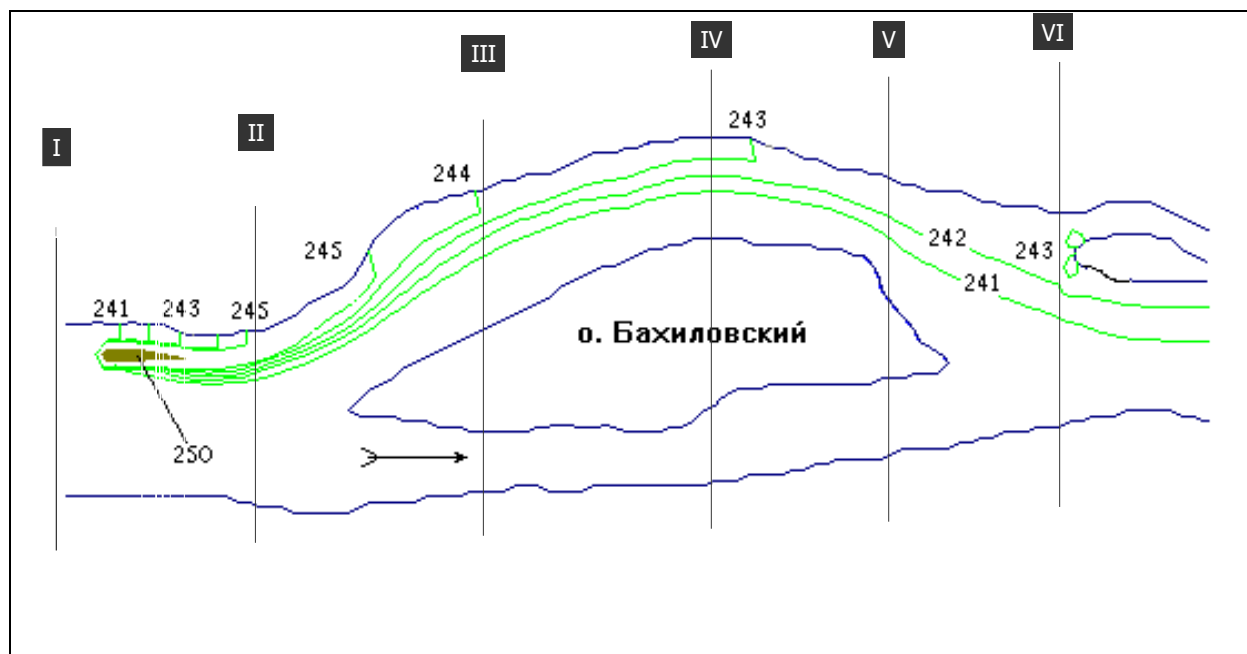


Рис. 4.4. Схема распространения сточных вод г. Тольятти, установленная по данным зондирования УЭП (мкСм/см^2) на Саратовском водохранилище

На исследуемом участке Саратовского водохранилища было намечено 6 створов, по которым осуществлялось зондирование вод по ширине и глубине водоема. Створ I расположен выше по течению от места сброса сточных вод и характеризует фоновое качество вод для данного участка водохранилища, находящегося под воздействием точечного источника загрязнения. Створы II-VI находятся под воздействием сброса сточных вод и расположены на расстоянии от 1 до 11 км от источника загрязнения.

По намеченным створам осуществлялось зондирование водной массы по интегральным показателям для определения пространственных неоднородностей качества вод, обусловленных воздействием источника загрязнения. С целью идентификации неоднородностей в каждом створе назначались вертикали (станции) для отбора проб на химический анализ воды. Зондирование водохранилища проводилось при помощи информационно-измерительных систем «Хитон» (Рубцов и др., 1989) по следующим показателям качества вод: температура (Т), удельная электропроводность (УЭП), водородный показатель (рН), окислительно-восстановительный потенциал (Еh), растворенный кислород (O_2), азот нитратный (NO_3), азот аммонийный (NH_4). Информация от датчиков, помещенных в воду, через интерфейс передавалась на бортовой компьютер, где обрабатывалась и анализировалась посредством экспертной системы.

По результатам зондирования вод водохранилища по температуре и электропроводности на каждом створе намечались две или три станции (в зоне воздействия сточных вод и вне ее) для отбора проб воды на химический анализ и для измерения стокового и дрейфового течений. Характеристика основных станций, расположенных вдоль левого берега, представлена в табл. 4.1. Данные в таблице (расстояние от левого берега и глубина) указаны в среднем для трех съемок, а скорость

течения характерна для будних дней в светлое время суток. На каждой станции осуществлялось зондирование от поверхности до дна по УЭП и Т, а также отбирались пробы воды батометром Молчанова для химического анализа с двух горизонтов (поверхностного и придонного). Измерение скорости течения воды осуществлялось модернизированной морской вертушкой ВММ с облегченным лопастным винтом.

Таблица 4.1

Характеристика основных станций наблюдений

Номер створа	Номер станции	Расстояние от левого берега, км	Глубина, м	Скорость течения, см/с
I	1	0,3-0,4	8-10	20-35
II	3	0,4-0,5	4-6	40-65
II	4	0,8-0,9	6-8	50-70
III	5	0,2-0,3	4-5	20-40
III	6	0,4-0,5	5-6	30-40
III	7	0,6-0,7	6-7	40-70
IV	8	0,2-0,3	5-6	30-50
IV	9	0,4-0,5	8-10	40-70
V	10	0,5-0,6	8-9	30-40
VI	12	0,5-0,6	6-8	40-70
VI	13	0,9-1,0	2-15	60-90

В табл. 4.2 представлены данные по трем съемкам измерения температуры и электропроводности воды на станциях 1, 3, 5, 8 и 10, расположенных по ходу распространения сточных вод.

Таблица 4.2

Температура (°С, перед чертой) и электропроводность (мкСм/см², за чертой) воды при трех съемках Саратовского водохранилища

Горизонт	Станция 1	Станция 3	Станция 5	Станция 8	Станция 10
Съемка 1					
0,1 Н	22,5 / 230	23,2 / 280	22,9 / 260	22,8 / 244	22,6 / 234
0,5 Н	22,5 / 231	23,1 / 278	22,9 / 259	22,7 / 243	22,6 / 234
0,9 Н	22,5 / 232	22,8 / 250	22,5 / 235	22,5 / 235	22,5 / 233
Съемка 2					
0,1 Н	21,7 / 231	22,1 / 245	22,0 / 239	21,7 / 233	21,6 / 234
0,5 Н	21,7 / 231	22,1 / 245	22,0 / 239	21,7 / 233	21,6 / 234
0,9 Н	21,6 / 230	21,7 / 244	21,7 / 238	21,7 / 235	21,6 / 234
Съемка 3					
0,1 Н	13,6 / 306	15,1 / 424	14,8 / 393	14,0 / 314	13,9 / 305
0,5 Н	13,6 / 306	15,0 / 420	14,7 / 389	14,0 / 314	13,9 / 305
0,9 Н	13,5 / 305	14,7 / 390	14,2 / 330	14,0 / 315	13,9 / 304

Из табл. 4.2 видно, что влияние сточных вод по температуре и электропроводности сказывается на станциях 3, 5 и 8, которые расположены ниже по течению от места сброса. Форма зон загрязнения в районе сброса сточных вод различна и зависит от гидрометеорологических процессов на водохранилище.

Наиболее достоверно пространственные неоднородности качества вод выделялись по непрерывным записям Т и УЭП воды, погрешность измерения которых составляет по Т – 0,01 °С, а по УЭП – 0,001 мкСм/см. В качестве примера на рис. 4.3 представлены результаты зондирования Саратовского водохранилища по створу III, расположенному на расстоянии 200-250 м от места сброса сточных вод г. Тольятти.

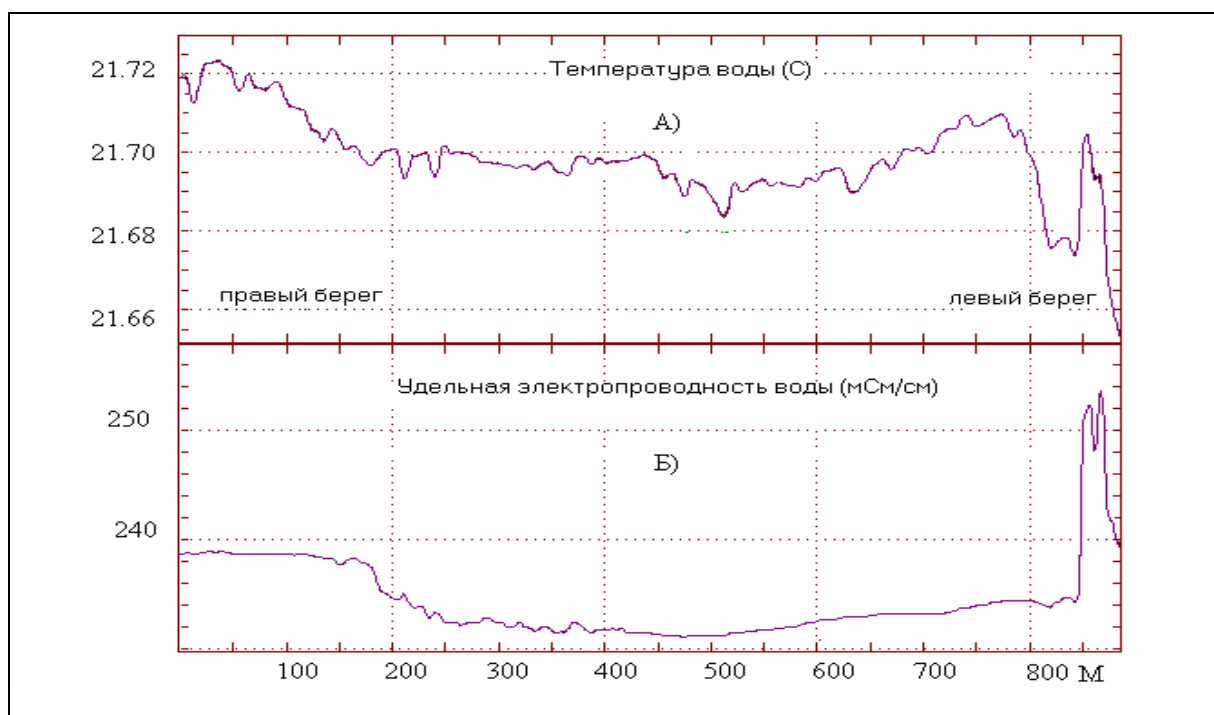


Рис. 4.5. Изменение Т (А) и УЭП (Б) воды в створе II Саратовского водохранилища

В правой стороне рисунков хорошо видны резкие изменения Т и УЭП у левого берега водохранилища, обусловленные воздействием сточных вод. В момент измерения сточные воды распространялись вниз по течению на 6-7 км вдоль левого берега водохранилища в виде струйного потока, ширина которого на различном удалении от источника загрязнения составляла 50-300 м.

Предлагаемый метод обнаружения струи загрязнения обладает высокой чувствительностью и оперативностью и позволяет определять пространственные неоднородности качества вод любого масштаба. Основными задачами, решаемыми с помощью данного метода, являются: 1) разделение водных масс различного генезиса; 2) определение границ и размеров зон воздействия точечных и диффузных источников загрязнения на водохранилищах и изучение их динамики; 3) отслеживание путей перемещения и трансформации загрязняющих веществ.

Зондирование в автоматическом режиме в сочетании с традиционным отбором проб воды на химический анализ позволяют осуществлять картирование зон воздействия источника загрязнения. Становится возможным оконтуривание наиболее опасных в экологическом отношении частей водохранилища.

Определив по данным натурных наблюдений фоновую концентрацию веществ в водохранилище и концентрацию вещества в струе распространяемых сточных водах, представляется возможным рассчитать общую кратность разбавления сточных вод.

Для вычисления кратности общего разбавления (N) будем использовать следующую зависимость:

$$N = (C_{\text{СВ}} - C_{\text{ФОН}}) / (C_{\text{СТРУИ}} - C_{\text{ФОН}}), \quad (4.37)$$

где $C_{\text{СТРУИ}}$ – максимальная концентрация нормируемого вещества в контрольном створе; $C_{\text{СВ}}$ – концентрация вещества в сточных водах.

Усредненные по трем съемкам результаты расчета кратности разбавления по данным мониторинга в районе сброса сточных вод г. Тольятти представлены в табл. 4.3. Для определения условно фоновой концентрации ($C_{\text{ФОН}}$) пробы на химический анализ отбирались в районе станции № 1, а для определения максимальной концентрации в струе загрязнения ($C_{\text{СТРУИ}}$) станция отбора проб воды назначалась по результатам зондирования створа II для обнаружения струи загрязненных вод.

Таблица 4.3

**Кратность разбавления сточных вод г. Тольятти в Саратовском водохранилище
по данным локального мониторинга качества вод**

Наименование вещества	$C_{\text{СВ}}$, мг/л	$C_{\text{ФОН}}$, мг/л	$C_{\text{СТРУИ}}$, мг/л	N
БПК	6,7	2,7	2,9	20,0
Сухой остаток	819	285	316	17,2
Сульфаты (анион)	168,9	58,2	64,9	16,5
Хлориды (анион)	92,4	28,1	31,8	18,4
Фосфаты (анион)	3,1	0,08	0,09	21,5
Азот нитратный	12,4	0,40	0,85	26,6
Азот нитритный	0,38	0,012	0,028	23,0
Азот аммонийный	2,66	0,16	0,25	28,8
Железо общее	0,85	0,08	0,12	19,3
Цинк	0,053	0,011	0,013	21,0

Из табл. 4.3 видно, что кратность разбавления сточных вод не остается постоянной для различных веществ. Наибольшее значение наблюдается у азота аммонийного (28,8), а наименьшее – у сульфатов (16,5). Средняя кратность разбавления сточных вод, полученная на основе экспериментальных наблюдений на Саратовском водохранилище, составляет 21,2.

Таким образом, кратность разбавления сточных вод, полученная на основе данных мониторинга, существенно отличается (в сторону увеличения) от кратности разбавления, полученной с использованием методов расчета по М.А. Руффелю, и мало отличается от кратности разбавления, полученной с использованием численного моделирования.

ГЛАВА 5

НОРМИРОВАНИЕ СБРОСА

ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Нормирование сброса сточных вод в водные объекты производится в целях соблюдения экологической безопасности населения, рационального использования водных ресурсов, обеспечения устойчивого функционирования водных экосистем и сохранения биологического разнообразия.

Однако действующая в настоящее время система нормирования сточных вод не в полной мере решает поставленные задачи, не соответствует водному законодательству, имеет ряд методологических недостатков и, как следствие, является малоэффективной.

5.1. Хронология становления нормативно-правовой базы нормирования

По мере увеличения загрязнения водных объектов в нашей стране в 50-е годы XX в. появилась насущная потребность в нормировании сброса сточных вод и управлении качеством водной среды.

В 1961 г. вышли в свет первые «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», которые явились руководящим официальным документом. Они содержали указания и рекомендации, касающиеся широкого круга вопросов охраны водоемов от загрязнения и способствующие уменьшению сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

Дальнейшее развитие общественного производства и градостроительства, рост материального благосостояния и культурного уровня населения увеличивали разносторонние потребности в воде и повышали значение рационального использования и охраны вод. Как следствие, в 1970 г. появился Закон СССР «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик», а в 1972 г. был введен в действие Водный кодекс РСФСР (Водный кодекс, 1985), который изменялся и дополнялся вплоть до 1995 г.

В 60-х годах «Правила...» (1961 г.) были проверены практикой со стороны учреждений санитарно-эпидемиологической службы и органов рыбоохраны. За этот период был накоплен большой опыт успешного их применения проектными организациями при решении вопросов отведения в водные объекты бытовых и производственных сточных вод. Однако возrastавшая необходимость усиления борьбы с опасностью загрязнения водотоков и водоемов дали основание Министерству здравоохранения начать их пересмотр. С целью предупреждения загрязнения водных объектов сточными водами в 1975 г. вступили в силу новые «Правила...», куда дополнительно были включены пункты, согласно которым при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступивших в водоем или водоток от вышерасположенных выпусков, сумма отношений этих концентраций ($C_1, C_2 \dots C_n$) к соответствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n < 1. \quad (5.1)$$

В 1979 г. в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР № 984 от 1 декабря 1978 г. «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов» министерствам и ведомствам было поручено

обеспечить разработку проектов норм и предельных сбросов загрязняющих веществ для подведомственных предприятий, учреждений и организаций.

В 1982 г. вышли «Методические указания по применению правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», разработанные на основании совместного решения Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерства здравоохранения СССР, Министерства рыбного хозяйства СССР и Госстроя СССР. Эти указания не являлись отдельным нормативным документом, а служили дополнением к действующим «Правилам...», содержали разъяснения к отдельным положениям «Правил...», основные принципы определения условий спуска сточных вод в водные объекты и прогнозирования их санитарного состояния, а также методики определения необходимых мероприятий, обеспечивающие охрану водных ресурсов.

В 1983 г. Минводхоз СССР по согласованию с Госстроем СССР утвердил «Методические указания по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами», которые были разработаны Главводоохраной и ВНИИВО Министерства мелиорации и водного хозяйства (Минводхоз) СССР. В этом же году вышли «Методические указания по рассмотрению проектов предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами», разработанные под руководством д.м.н., проф. Г.Н. Красовского и утвержденные Заместителем Главного государственного санитарного врача СССР В.Е. Ковшило.

В 1989 г. в соответствии с Приказом Госкомприроды СССР от 3 января 1989 г. вышла «Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и в водные объекты», разработанная на основе «Методических указаний по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами» 1983 г. Данная Инструкция определяла порядок установления, согласования, пересмотра и контроля нормативов сброса вредных веществ в поверхностные водные объекты. С выпуском Инструкции вышеназванные «Методические указания» утрачивали силу.

В 1990 г. вышла «Методика расчета предельно допустимых сбросов веществ (ПДС) в водные объекты со сточными водами», которая обобщила все лучшее в системе нормирования сточных вод.

В апреле 1991 г. вышел Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», в котором установлено, что санитарные правила и нормы обязательны для соблюдения всеми государственными органами, общественными объединениями, хозяйствующими субъектами, должностными лицами и гражданами. На всей территории России действуют федеральные санитарные правила, республиканские и местные правила могут быть только временными и вводиться при отсутствии федеральных: в случае необходимости уточнения федеральных правил, в том числе их ужесточения, с учетом особенностей гигиенической, эпидемической обстановки и состояния здоровья населения. В переходный период до принятия нового российского законодательства и нормативов действуют нормативы, утвержденные бывшим Минздравом СССР. По мере разработки и уточнения их должны заменить новые российские нормативы ПДК.

В 1991 г. вступил в силу Закон РФСР «Об охране окружающей природной среды» (Закон..., 1992).

В 1992 г. вышло Постановление РФ «Об утверждении Порядка разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещение отходов» № 545 от 3 августа 1992 г.

В 1995 г. вступил в действие Водный кодекс РФ (Комментарий к водному..., 1996).

В 1999 г. вышли «Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты», которые были введены взамен раздела по нормированию сбросов загрязняющих веществ в водные объекты Инструкции (Инструкция по нормированию..., 1989), а также «Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты», рекомендуемые для использования при установлении и корректировки величин ПДС вредных веществ в водные объекты для субъектов, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность на водных объектах.

Таким образом, к 2005 г. законодательные основы нормирования сброса сточных вод в водные объекты были разработаны и содержались в федеральных законах «Об охране окружающей среды» (Об охране окружающей..., 2001) и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (О санитарно-эпидемиологическом..., 2002), а также в Водном кодексе РФ (Комментарий к водному..., 1996).

В Водном кодексе РФ вопросам нормирования была посвящена ст. 109 «Нормативы предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты». В ней говорится, что поддержание поверхностных вод в состоянии, соответствующем экологическим требованиям, обеспечивается установлением и соблюдением нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты.

Нормативы предельно допустимых вредных воздействий (ПДВВ) на водные объекты устанавливаются исходя из:

- предельно допустимой величины антропогенной нагрузки, длительное воздействие которой не приведет к изменению экосистемы водного объекта;
- предельно допустимой массы вредных веществ, которая может поступить в водный объект и на его водосборную площадь.

Нормативы ПДС вредных веществ в водные объекты устанавливаются исходя из условия недопустимости превышения ПДК вредных веществ в водных объектах.

Нормативы ПДК вредных веществ в водных объектах устанавливаются исходя из условия целевого использования водного объекта.

В Законе РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ст. № 18) говорится, что для охраны водных объектов от загрязнения устанавливаются нормативы ПДВВ на водные объекты и нормативы ПДС химических, биологических веществ и микроорганизмов в водные объекты.

В Законе РФ «Об охране окружающей среды» (ст. № 23) основные требования к нормированию сточных вод применительно к поверхностным водным объектам и стационарным источникам воздействия гласят:

- нормативы допустимых сбросов веществ¹ устанавливаются для источников воздействия на водную среду субъектами хозяйственной и иной деятельности исходя из

¹ Нормативы допустимых сбросов химических веществ - нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ допустимых для поступления в водную среду от стационарных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества водной среды.

нормативов допустимой антропогенной нагрузки² на водную среду, нормативов качества водной среды³, а также технологических нормативов⁴;

- технологические нормативы устанавливаются для источников на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов;

- при невозможности соблюдения нормативов допустимых сбросов могут устанавливаться лимиты⁵ на сбросы веществ на основе разрешений, действующих только в период проведения мероприятий по охране водной среды с учетом поэтапного достижения установленных нормативов допустимых сбросов и внедрения наилучших существующих технологий;

- установление лимитов на сбросы допускается только при наличии планов снижения сбросов, согласованных с органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны водной среды;

- сбросы в водную среду в пределах установленных нормативов и лимитов допускаются на основании разрешений, выданных органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны водной среды.

Таким образом, правовая основа нормирования антропогенного воздействия на водные объекты создана, и было необходимо приступить к совершенствованию уже существующей нормативно-методической базы.

Однако с 1 января 2007 г. вступил в силу новый Водный кодекс РФ (Водный кодекс..., 2006), где вопросу нормирования посвящена ст. 35 «Разработка и установление нормативов допустимого воздействия на водные объекты и целевых показателей качества воды в водных объектах». Новый Водный кодекс нарушил единство правовой основы нормирования, вступив в противоречие с законами РФ «Об охране окружающей среды» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Например, в Водном кодексе теперь отсутствует такое понятие, как «норматив предельно допустимого сброса», что делает невозможным использование существующей нормативно-методической базы, которая успешно создавалась многие десятилетия.

В этих условиях критика действующих и обсуждение новых методических подходов к экологическому нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты становятся особенно актуальными.

² Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на водный объект при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

³ Нормативы качества водной среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния водной среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

⁴ Технологический норматив – норматив допустимых сбросов веществ – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ в водной среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению водной среды, деградации естественных экологических систем.

⁵ Лимиты на сбросы веществ – ограничения сбросов загрязняющих веществ в водную среду, установленные на период проведения мероприятий по охране водной среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий в целях достижения нормативов в области охраны водной среды.

5.2. Теоретические основы нормирования

Вопросы нормирования сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду в общей постановке освещены в монографиях (Черкинский, 1977; Израэль, 1984; Методические основы..., 1987; Taylor, 1991; Экологическое нормирование..., 1992; Воробейчик и др., 1994.). В качестве критериев для нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты предлагаются следующие подходы:

а) ограничение сбросов загрязняющих веществ в составе коммунальных, промышленных и ливневых сточных вод, основанное на ПДК в водных объектах культурно-бытового, санитарно-гигиенического, рыбохозяйственного назначения;

б) то же ограничение, основанное предельно допустимыми экологическими нагрузками (ПДЭН) или критическими экологическими нагрузками на водную экосистему;

в) полный запрет сбросов в уникальные объекты в незагрязненных районах;

г) ограничения, обусловленные наилучшей достигнутой (или достижимой) техникой или технологией производства;

д) ограничения в соответствии с оптимальным решением при анализе затрат и ущерба от загрязнений с учетом производственного эффекта;

е) ограничения в соответствии с пунктом «д» при существующих ограниченных экономических возможностях (оптимум сдвинут);

ж) стремление к наименьшим возможным сбросам (ниже допустимых) с учетом приоритетов, определенных с помощью всестороннего анализа.

В России используется подход, описанный в пункте «а» и связанный с ограничением сбросов в водные объекты на основе ПДК.

Установление нормативов ПДС при допустимости регламентирования сброса по одному лимитирующему репрезентативному для данного вида сточных вод веществу осуществляется по значению кратности разбавления данного вещества в водном объекте. Если фоновая концентрация данного вещества в водоеме не равна нулю, то кратность разбавления на лимитирующем расстоянии определяется соотношением:

$$N = (C_{\text{СВ}} - C_{\text{ФОН}}) / (C_{\text{СТРУИ}} - C_{\text{ФОН}}), \quad (5.2)$$

где N – кратность общего разбавления сточных вод в водоеме; $C_{\text{СТРУИ}}$ – максимальная концентрация нормируемого вещества в контрольном створе; $C_{\text{ФОН}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта; $C_{\text{СВ}}$ – концентрация вещества в сточных водах.

Предельно допустимое состояние отвечает условию

$$N = (C_{\text{СВ}} - C_{\text{ФОН}}) / (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ФОН}}), \quad (5.3)$$

где $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация вещества в воде водного объекта.

Основная расчетная формула для определения предельно допустимой концентрации вещества в сточной воде ($C_{\text{ПДС}}$) без учета неконсервативности вещества имеет вид:

$$C_{\text{ПДС}} = N \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ФОН}}) + C_{\text{ФОН}}. \quad (5.4)$$

Кратность общего разбавления (N) сточных вод в водоеме, определяется по формуле:

$$N = N_H \cdot N_O, \quad (5.5)$$

где N_H – кратность начального разбавления; N_O – кратность основного разбавления.

С учетом неконсервативности загрязняющего вещества расчетная формула имеет вид

$$C_{ПДС} = N \cdot [C_{ПДК} \cdot \exp(-k \cdot t) - C_{ФОН}] + C_{ФОН}, \quad (5.6)$$

где k – коэффициент неконсервативности; t – время перемещения сточных вод под влиянием течения от места их выпуска до контрольного створа.

Значения коэффициента неконсервативности принимаются по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры воды и скорости течения в водоеме. Значение N получают расчетным способом или с помощью определения разбавления на основе натурных наблюдений.

Предельно допустимый сброс загрязняющего вещества со сточными водами выражается формулой

$$ПДС = \{N (C_{ПДК} - C_{ФОН}) + C_{ФОН}\} \cdot q, \quad (5.7)$$

где q – расход сточных вод, который выбирается на основании экономических и технических соображений.

Все вредные вещества по характеру своего воздействия подразделяются на группы. Каждая группа объединяет вещества одинакового признака действия – санитарного, санитарно-токсикологического, токсикологического, рыбохозяйственного. Вещество относят к тому признаку вредности, в котором его действие проявляется в минимальной концентрации (Черкинский, 1977), хотя это не означает, что оно не проявляет другого вредного действия. В силу этого такой признак вредности получил название лимитирующего показателя вредности (ЛПВ).

Принцип гигиенического нормирования при одновременном присутствии в воде нескольких вредных веществ был разработан С.Н. Черкинским (1957). Согласно этому принципу, вещества одного ЛПВ проявляют аддитивное действие, т.е. общее воздействие двух или нескольких веществ одного ЛПВ (содержащихся в ПДК) будет таким же, как если бы какое-нибудь из них, присутствуя в воде в единственном числе, содержалось в двух или нескольких ПДК. Математически это положение можно представить следующим образом:

$$\sum_{i=1}^p \{C_i / ПДК_i\} < 1 \quad (5.8)$$

где C_i – концентрация i -го вещества в воде водоема, нормируемая по определенному ЛПВ; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества; p – общее число веществ одного ЛПВ, присутствующих в водном объекте.

Выражение (5.8) можно интерпретировать следующим образом: для веществ одного ЛПВ сумма долей их концентраций от ПДК не должна превышать единицы. Из этого следует, что, когда в воде присутствует несколько веществ одного ЛПВ, концентрация каждого из них должна быть меньше соответствующей ПДК.

Следует отметить, что это условие до сих пор не получило еще необходимого теоретического обоснования и в некоторой мере является спорным. Так, частично с принципом аддитивности не согласен И.Д. Родзиллер (1984), считая, что комплексное

воздействие нескольких веществ не всегда подчиняется линейному закону аддитивности. Прежде всего это относится к явлению синергизма, когда присутствие какого-то вещества значительно усиливает токсичность или иное вредное воздействие другого.

При нормировании сбросов по нескольким веществам одного ЛПВ основываются на обобщенной характеристике кратности разбавления:

$$N_{\text{общ}} = (C_{\text{св}} - C_{\text{фон}}) / (C_{\text{струя}} - C_{\text{фон}}), \quad (5.9)$$

используя показатели $R_{\text{св}}$ и $R_{\text{фон}}$.

Расчетная формула ПДС при фоновых концентрациях не равных нулю имеет вид

$$\text{ПДС} = (N_{\text{общ}} q) [C_{\text{фон}} R_{\text{фон}} / (N_{\text{общ}} + 1 - C_{\text{фон}} R_{\text{фон}})] / R_{\text{св}}. \quad (5.10)$$

Приведенные формулы для вычисления ПДС применимы лишь в тех случаях, когда объем водного объекта достаточно велик и рассматриваемый выпуск сточных вод не приводит к появлению и возрастанию содержания лимитирующих веществ в его водах (Методические основы..., 1987).

5.3. Критический анализ существующих подходов к нормированию

При нормировании сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в нашей стране используется подход, связанный с ограничением загрязнения водотоков и водоемов на основе предельно допустимых концентраций (ПДК), рекомендованных в масштабах государства. Отличительной особенностью такого подхода к нормированию является единообразие для всей территории страны и постоянство во времени норм качества воды, зависящих только от вида водопользования. Указанная особенность вызывает обоснованную неудовлетворенность, так как ясно, что она не учитывает различные природно-географические, климатические и сезонные условия формирования качества вод водных объектов.

Многочисленные попытки найти «единицу», отражающую состояние водной среды, до сих пор не увенчались успехом, и в этом свете ПДК являются, пожалуй, единственным, наиболее конкретным критерием сдерживания антропогенного влияния на природные объекты (Израэль, 1984; Караушев, Шварцман, 1991).

Наряду с этим, все больше складывается негативное отношение к системе нормирования качества вод с помощью ПДК веществ. Ряд исследователей доказывает экологическую несостоятельность федеральных ПДК, в частности рыбохозяйственных.

Критику нельзя считать полностью безосновательной. Однако следует признать, что в большей степени отношение к ПДК сформировалось под влиянием факторов общего порядка – всей системы хозяйствования, приведшей к критическому состоянию многие объекты природной среды.

В научном аспекте система ПДК несколько заострена и требует не формального, а творческого подхода, который позволит ей стать действенным средством в предупреждении загрязнения природных сред (Израэль, 1984).

Не вызывает сомнений неправомерность формального принятия во всех случаях в качестве цели управления действующих в настоящее время норм качества воды (ПДК). Иногда должны приниматься в качестве цели более жесткие требования к составу и свойствам воды, чем это предусмотрено в нормах. В других же случаях приходится давать согласие на временное принятие в качестве цели управления менее жестких требований.

что хотя и может быть нежелательным, но постановка нереальной цели управления равносильно полному его отсутствию (Лозанский, 1987).

Многие исследователи считают, что существующие методы расчета ПДС загрязняющих веществ в водные объекты нуждаются в усовершенствовании (Лозанский, 1987; Баготский и др., 1992; Лапин, Никаноров, 1992; Гельфенбуйм, Лепихин, 1993; Лепихин, 1993; Новый подход..., 1994; Иванов, Абдуллин, 1996; Беляев, Черняев, 1998; Долгоносков и др., 1998; Селезнев, Селезнева, 1998; Багаев, 1999; Нечаев, 1999; Пальгунов, 1999).

В качестве примера в данной работе выполнен расчет по действующей методике нормативов ПДС веществ, поступающих в Саратовское водохранилище от трех источников загрязнения, расположенных на территории г. Тольятти (Приложение 3). В табл. 5.1-5.3 представлены результаты расчета концентрации в сточных водах ($C_{\text{ПДС}}$) по двум вариантам: с учетом и без учета аддитивного действия веществ, относящихся к одинаковому ЛПВ. Расчет по второму варианту обусловлен тем, что в последнее время все чаще практикуют отказ от учета аддитивного действия веществ, мотивируя крайне жесткими нормативами ПДС для большинства нормируемых веществ.

Таблица 5.1

Результаты расчета $C_{\text{ПДС}}$ по действующей методике с учетом (*) и без учета () аддитивного действия веществ для источника № 1**

Наименование веществ	$C_{\text{СВ}}$	ПДК	$C_{\text{Фон}}$	$C_{\text{ПДС}}^*$	$C_{\text{ПДС}}^{**}$
<i>Общие показатели</i>					
БПК _{полн.}	7,9	3,0	2,7	6,0	6,0
Взвешенные вещества	11,5	3,05	2,8	5,6	5,6
Сухой остаток	552,0	1000,0	292,0	8157,9	8157,9
<i>Санитарные показатели</i>					
Фосфаты	2,92	0,200	0,070	1,51	1,51
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>					
СПАВ	0,06	0,100	0,013	0,025	0,980
Азот нитратный	12,4	9,1	0,25	5,08	98,57
Сульфаты	111,0	100,0	66,3	45,5	440,7
Хлориды	85,0	300,0	33,8	34,9	2991,3
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>					
Азот аммонийный	0,34	0,39	0,13	0,04	3,02
Азот нитритный	0,015	0,020	0,017	0,002	0,050
Железо	0,31	0,100	0,100	0,04	0,10
Медь	0,0015	0,001	0,005	0,0002	-
Цинк	0,010	0,010	0,018	0,0012	-
Алюминий	0,042	0,040	0,012	0,0051	0,323
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>					
Нефтепродукты	0,06	0,050	0,046	0,03	0,09
Фенол	0,001	0,001	0,004	0,0005	-

Примечание: «-» – при значениях $C_{\text{Фон}} > \text{ПДК}$ получаются отрицательные величины.

Таблица 5.2

**Результаты расчета $C_{ПДС}$ по действующей методике с учетом (*)
и без учета (**) аддитивного действия веществ для источника № 2**

Наименование веществ	$C_{СВ}$	ПДК	$C_{фон}$	$C_{ПДС}^*$	$C_{ПДС}^{**}$
<i>Общие показатели</i>					
БПК _{пол}	6,9	3,0	2,7	6,1	6,1
Взвешенные вещества	32,5	3,05	2,8	5,7	5,7
Сухой остаток	992,0	1000,0	292,0	8384,4	8384,4
<i>Санитарные показатели</i>					
Фосфаты	2,10	0,200	0,070	1,56	1,56
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>					
СПАВ	0,06	0,100	0,013	0,013	1,007
Азот нитратный	18,10,3	9,1	0,25	3,93	101,41
Сульфаты	320,0	100,0	66,3	69,5	451,5
Хлориды	181,0	300,0	33,8	39,3	3076,5
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>					
Азот аммонийный	4,80	0,39	0,13	0,058	3,10
Азот нитритный	0,750	0,020	0,017	0,009	0,051
Железо	1,30	0,100	0,100	0,016	0,10
Медь	0,015	0,001	0,005	0,0002	-
Цинк	0,040	0,010	0,018	0,0005	-
Алюминий	0,050	0,040	0,012	0,0006	0,332
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>					
Нефтепродукты	0,08	0,050	0,046	0,022	0,092
Фенол	0,002	0,001	0,004	0,0006	-

Примечание: «-» – при значениях $C_{фон} > ПДК$ получаются отрицательные величины.

Таблица 5.3

**Результаты расчета $C_{\text{ПДС}}$ по действующей методике с учетом (*)
и без учета (**) аддитивного действия веществ для источника № 3**

Наименование веществ	$C_{\text{СВ}}$	ПДК	$C_{\text{фон}}$	$C_{\text{ПДС}}^*$	$C_{\text{ПДС}}^{**}$
<i>Общие показатели</i>					
БПК _{пол}	7,7	3,0	2,7	6,5	6,5
Взвешенные вещества	21,0	3,05	2,8	5,9	5,9
Сухой остаток	1747,0	1000,0	292,0	8157,9	9205,7
<i>Санитарные показатели</i>					
Фосфаты	3,97	0,200	0,070	1,707	1,707
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>					
СПАВ	0,05	0,100	0,013	0,010	1,108
Азот нитратный	21,7	9,1	0,25	4,22	111,67
Сульфаты	256,0	100,0	66,3	49,8	490,6
Хлориды	574,0	300,0	33,8	111,6	3385,06
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>					
Азот аммонийный	1,70	0,39	0,13	0,054	3,402
Азот нитритный	0,130	0,020	0,017	0,004	0,055
Железо	0,81	0,100	0,100	0,026	0,10
Медь	0,010	0,001	0,005	0,0003	-
Цинк	0,009	0,010	0,018	0,0003	-
Алюминий	0,070	0,040	0,012	0,002	0,365
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>					
Нефтепродукты	0,67	0,050	0,046	0,044	0,10
Фенол	0,002	0,001	0,004	0,0001	-

Примечание: «-» – при значениях $C_{\text{фон}} > \text{ПДК}$ получаются отрицательные величины.

Результаты расчетов по действующей методике (Методика расчета..., 1990; Методические указания..., 1999б), показывают, что при учете аддитивного действия концентрации в сточных водах ($C_{\text{ПДС}}$) для веществ токсикологического ЛПВ получаются существенно меньше, чем фоновые концентрации веществ в воде Саратовского водохранилища. Применение столь «жесткого» нормирования сточных вод по азоту аммонийному (0,04-0,06 мг/л), азоту нитритному (0,002-0,009 мг/л), меди (0,0002-0,0003 мг/л), цинку (0,0003-0,0012 мг/л) и алюминию (0,0006-0,0051 мг/л) необоснованно с экологических и абсурдно с экономических позиций. В данном случае водопользователю требуется сбрасывать сточную воду лучшего качества, чем забираемая вода из Саратовского водохранилища.

Наряду с этим наибольшую тревогу вызывает нормирование сухого остатка и таких веществ, как фосфаты и азот нитратный, поступление двух последних в водоем обуславливает «цветение» воды и способствует резкому ухудшению ее качества. Столь высокая расчетная концентрация $C_{\text{ПДС}}$ фосфатов (1,51-1,71 мг/л) обусловлена тем, что

данное вещество является единственным в санитарном ЛПВ. Концентрация $C_{ПДС}$ азота нитратного (3,93-5,08 мг/л) вызвана слишком высоким значением рыбохозяйственного ПДК (9,1 мг/л), а отрицательное экологическое влияние азота нитратного на качество вод начинается сказываться при более низких концентрациях (Мосияш и др., 2003).

Учитывая перечисленные недостатки, касающиеся «жесткости» нормирования, все чаще предпринимаются попытки отказаться от учета аддитивного действия веществ. На взгляд автора, в рамках действующей методики, это недопустимо и приведёт к слишком «мягкому» нормированию веществ санитарно-токсикологического ЛПВ, что позволит водопользователям практически неограниченно сбрасывать загрязняющие вещества в водные объекты. Например, концентрация $C_{ПДС}$ может достигать по СПАВ – 1,0-1,1 мг/л, по азоту нитратному – 101,4-111,7 мг/л, по сульфатам – 451-491 мг/л, по хлоридам – 3076-3385 мг/л.

Подобное нормирование (отказ от учета аддитивности в рамках действующей методики) приводит к тому, что сброс загрязнений становится узаконенным. Тогда как в соответствии с современными представлениями и передовой международной практикой водохозяйственная политика должна быть ориентирована на минимизацию сброса загрязняющих веществ, вплоть до полного прекращения в стратегической перспективе.

С одной стороны, действующая методика расчета нормативов ПДС приводит к установлению для веществ токсикологического ЛПВ сверхжестких нормативов, которые не могут быть обоснованы ни с позиций экологии, ни здравого смысла. В результате, вкладываются материальные ресурсы и финансовые средства в строительство дорогостоящих систем дополнительной очистки сточных вод, что является экономическим абсурдом в условиях, когда значительная часть неучтенных сточных вод сбрасывается в водные объекты совсем без очистки. С другой стороны, установление «мягких» нормативов, например, для фосфатов и нитратов, не предполагает разработку программ, направленных на снижение концентраций указанных веществ в сточной воде. В результате процессы эвтрофирования развиваются опережающими темпами, что приводит к «цветению» воды и ухудшению ее качества.

С экономической точки зрения, несовершенство методики расчета ПДС приводит к тому, что водопользователи, расположенные ниже по течению реки, несут финансовые затраты за водопользователей, расположенных выше по течению реки. При современных экономических условиях это недопустимо, так как плата за загрязнение окружающей среды в основном берется из прибыли предприятия. Поэтому каждый водопользователь должен платить за собственное загрязнение, только в этом случае он будет заинтересован в сокращении сброса загрязняющих веществ в водный объект.

Многолетний опыт автора по практическому применению действующей методики убеждает в необходимости ее совершенствования. К основным недостаткам указанной методики следует отнести:

- 1) единообразие для всей территории России и постоянство во времени норм качества воды (ПДК), зависящих только от вида водопользования;
- 2) расчет нормативов ПДС не учитывает природно-климатические особенности формирования качества вод водного объекта;
- 3) при расчете нормативов ПДС величина антропогенной нагрузки не учитывается;
- 4) для большинства водных объектов методика расчета ПДС сводится к выполнению одного пункта: «Если фоновая загрязненность водного объекта по каким-либо показателям не позволяет обеспечить нормативное качество воды в контрольном пункте, то нормативы ПДС по этим показателям устанавливаются, исходя из отнесения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов к самим сточным водам»;

5) учет аддитивного действия веществ, относящихся к одинаковому ЛПВ, приводит к получению крайне «жестких» нормативов ПДС. При этом допустимые концентрации веществ в сточных водах практически равны нулю, что делает невозможным разработку реалистичных программ по их достижению;

6) отказ от учета аддитивного действия веществ, наоборот приводит к слишком «мягкому» нормированию, что позволяет водопользователям практически неограниченно сбрасывать загрязняющие вещества в водные объекты;

7) отсутствуют указания по проведению расчетов фактических концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. Одно из основополагающих понятий в методике «фактическая концентрация загрязняющих веществ в сточных водах» не имеет четкого определения и для него не предлагается способа расчета;

8) основную кратность разбавления при не соблюдении условий применимости методов Фролова - Родзиллера или Руффеля рекомендуется определять по методу Караушева, однако указание только самого метода недостаточно и не дает однозначного решения.

9) лимиты временно согласованного сброса (ВСС) не рассчитываются по конкретным количественным критериям, а устанавливаются «по наилучшим результатам, которые могут быть достигнуты на данном предприятии», что не исключает фактор субъективизма при назначении концентраций ВСС. Совершенно очевидно, что большинство водопользователей не укладывается в установленные нормативы ПДС и центр внимания при нормировании сброса загрязняющих веществ переносится на определение лимитов ВСС.

10) отсутствие раздела, посвященного расчету ПДС и ВСС для системы «водопользователь – абоненты», где наиболее сложным является увязка массы сброса загрязняющих веществ в водный объект, с массой веществ, поступающих на очистные сооружения (ОС) от абонентов при учете фактической эффективности работы ОС.

5.4. Новые подходы к нормированию и экспериментальная методика расчета нормативов предельно допустимого сброса

Наилучшим для нормирования является подход, описанный в пункте «ж» раздела 5.2. Это стремление к наименее возможным сбросам с учетом приоритетов, определенных с помощью всестороннего анализа данных фоновых и локального мониторинга водных объектов.

Нормирование предполагает установление таких максимально допустимых сбросов, при которых содержание загрязняющих веществ в контрольном створе водного объекта находилось бы на уровне сезонных колебаний и не приводило к изменению гидрохимического режима водного объекта.

Степень воздействия антропогенной нагрузки оценивается как изменение фоновых гидрохимических характеристик в контрольном створе конкретного источника загрязнения. Допустимая степень воздействия источника рассматривается как изменение гидрохимического условного фона в контрольном створе в пределах сезонной изменчивости фона. При этом особое внимание уделяется инвентаризации точечных и диффузных источников загрязнения и расположению мест водопользования (водозаборы, зоны рекреации и т.д.).

Для оценки естественного гидрохимического фона необходим всесторонний анализ данных мониторинга антропогенного воздействия на водный объект. Естественный фон и должен стать в будущем новым критерием нормирования. В первом приближении в основу нормирования могут быть положены условный либо измененный

гидрохимический фоны. Для каждого субъекта РФ на его границах определяется условный региональный фон качества вод, который отражает региональные гидрохимические особенности водного объекта и учитывает все виды антропогенного воздействия, находящиеся выше расчетного створа.

Предлагаемый новый подход базируется на ограничении сбросов загрязняющих веществ на основе региональных норм качества вод в водотоках и водоемах. При этом критерии нормирования учитывают природно-географические, климатические и сезонные условия формирования качества вод в водотоках и водоемах, а также сложные гидродинамические условия на крупных водохранилищах и динамику характеристик источников загрязнения.

В качестве критерия нормирования загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами, предлагаются региональные нормативы качества вод или региональные предельно допустимые концентрации (РПДК) веществ, полученные на основе анализа данных мониторинга на водотоках и водоемах.

Региональные ПДК вод являются количественной характеристикой содержания веществ в воде водного объекта при наиболее неблагоприятных ситуациях, обусловленных как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды водного объекта, так и влиянием всех источников загрязнения, расположенных выше фоновой створ.

Величины $ПДС_i$ определяются по формуле

$$ПДС_i = q \cdot C_{ПДС_i}, \quad (5.11)$$

где q - расчетный расход сточных вод заданной обеспеченности, $м^3/час$; $C_{ПДС}$ - предельно допустимая концентрация i -го вещества, которая может быть допущена в сточных водах, $г/м^3$.

Величина $C_{ПДС_i}$, входящая в формулу (5.11), определяется следующим образом:

$$C_{ПДС_i} = N \cdot (РПДК_i - C_{Фон_i}) + C_{Фон_i}, \quad (5.12)$$

где N - кратность общего разбавления сточных вод в водном объекте; РПДК - региональная ПДК i -го вещества в воде водотоков и водоемов; $C_{Фон_i}$ - концентрация химического i -го вещества в условно фоновом створе. Методика расчетов $C_{Фон_i}$ и $C_{РПДК_i}$ подробно изложена в главе 3, а кратности разбавления (N) - в главе 4 на примере Саратовского водохранилища в районе сброса сточных вод г. Тольятти.

Необходимые для расчета нормативов $ПДС_i$ значения $C_{РПДК_i}$, $C_{Фон_i}$ и N могут быть получены на основе данных регионального и локального мониторинга водных объектов. Если мониторинг не ведется, его необходимо организовать, а на период разработки региональных нормативов качества вод временно, в виде исключения, следует пользоваться общероссийскими ПДК.

При сбросе загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты большинство водопользователей не укладываются в нормативы $ПДС$, и для них специально уполномоченные органы охраны природы дополнительно устанавливают лимиты временно согласованного сброса (ВСС) «по наилучшим результатам, которые могут быть достигнуты на данном предприятии». Неопределенность формулировки не исключает фактор субъективизма при установлении лимитов ВСС. Поэтому при установлении лимитов ВСС целесообразно ориентироваться на существующую антропогенную нагрузку на водные объекты и технологические нормативы водопользователей.

Величина лимита ВСС _{i} определяются согласно формуле

$$BCC_i = q * C_{BCCi}, \quad (5.13)$$

где q – расчетный расход сточных вод; C_{BCCi} – временно согласованная концентрация i -го вещества, которая может быть временно допущена в сточных водах.

Для каждого водопользователя величины C_{BCCi} определяются в соответствии с Программой поэтапного сокращения сброса загрязняющих веществ в водные объекты. При отсутствии Программы или ее не выполнении водопользователь лишается лимита ВСС и имеет только норматив ПДС.

При наличии у водопользователя абонентов расчет нормативов ПДС и лимитов ВСС веществ в водные объекты, а также допустимый сброс (ДС) и согласованный сброс (СС) веществ от абонентов в канализационные сети водопользователя осуществляется одновременно для всего водохозяйственного блока «водопользователь-абоненты».

После определения $C_{ПДСi}$ производится распределение его между всеми абонентами, сбрасывающими свои сточные воды в данный выпуск. При этом всем абонентам назначается одинаковое ограничение концентрации вещества:

$$C_{ДК,i} = (C_{ПДС,i}) / (1 - \Xi_i), \quad (5.14)$$

где $C_{ДКi}$ – ограничение на концентрацию i -го вещества перед сбросом на очистные сооружения или канализационные сети, исходя из требований ПДС в водные объекты; $C_{ПДСi}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества в сточной воде, сбрасываемой после очистки в водный объект; Ξ_i – степень очистки i -го вещества на очистных сооружениях.

Исключение из этого являются показатели, влияющие на регламент работы сооружений биологической очистки (БПК, азот, фосфор и в ряде случаев взвешенные вещества). Здесь корректировка расчетных значений $C_{ДКi}$ в сторону увеличения производится только для тех очистных сооружений (ОС), которые по этим показателям фактически недогружены относительно проектных параметров в поступающем стоке.

Допустимый сброс ($ДС_{ij}$) определяется для каждого абонента следующим образом:

$$ДС_{ij} = q_j C_{ДК,i j}. \quad (5.15)$$

Расчет лимита согласованного сброса ($СС_{ij}$) осуществляется по той же схеме, что и расчет нормативов $ДС_{ij}$ от абонентов на очистные сооружения.

Далее осуществляется разработка программы поэтапного перехода от лимитов $СС_{ij}$ к нормативам $ДС_{ij}$ для каждого абонента с учетом того, что сточные воды абонентов формируют общее качество сточных вод перед очистными сооружениями.

Сокращение фактического сброса по конкретному показателю целесообразнее начинать с абонентов, имеющих наиболее высокие концентрации данного вещества по отношению к норме и лимиту сброса на очистные сооружения.

Апробация новой методики расчета нормативов ПДС_{ij} проведена на сточных водах г. Тольятти, поступающих в Саратовское водохранилище. В качестве исходной информации для расчета нормативов ПДС_{ij} использованы те же данные, что и для расчета по действующей методике. Результаты расчета нормативов ПДС_{ij} по новой методике для трех источников загрязнения Саратовского водохранилища представлены в Приложении 4.

Для **источника № 1** результаты расчета концентраций в сточной воде ($C_{ПДС}$) по новой и действующей методикам представлены в табл. 5.4. Расчет выполнен с учетом ($C_{ПДС}^1$) и без учета ($C_{ПДС}^2$) аддитивного действия веществ. В действующей методике

аддитивное действие веществ распространяется на все вещества, относящиеся к одинаковому ЛПВ, а в новой только на вещества, относящиеся к 1 и 2 классам опасности.

С учетом аддитивного действия веществ. Величина $C_{ПДС}$ по новой методике получилась меньше, чем по действующей для: БПК – в 1,2 раза; взвешенных веществ – в 1,2 раза; сухого остатка – в 1,1 раза; фосфатов – в 8,9 раза; нитратов – в 6,7 раз. Для других веществ величины $C_{ПДС}$ по новой методике получились больше, чем по действующей: СПАВ – в 1,7 раза; сульфатов – в 2,4 раза; хлоридов – в 1,9 раз; азота аммонийного – в 10,8 раз; азота нитритного – в 23,5 раза; железа – в 5,0 раз; меди – в 75,0 раз; цинка – в 57,5 раз; алюминия – в 8,2 раза; нефтепродуктов – в 3,6 раза; фенолов – в 18,0 раз.

Без учета аддитивного действия веществ. Величина $C_{ПДС}$ по новой методике получилась меньше, чем по действующей для: БПК – в 1,2 раза; взвешенных веществ – в 1,2 раза; сухого остатка – в 1,1 раза; фосфатов – в 8,9 раза; азота нитратного – в 16,3 раза; хлоридов – в 1,3 раза. Для других веществ величины $C_{ПДС}$ по новой методике получились больше, чем по действующей: СПАВ – в 1,4 раза; азота аммонийного – в 1,3 раз; азота нитритного – в 3,1 раз; железа – в 2,0 раза; меди – в 15,0 раз; цинка – в 6,9 раз; нефтепродуктов – 1,8 раза; фенолов – в 9,0 раз.

Для **источника № 2** результаты расчета концентраций в сточной воде ($C_{ПДС}$) по новой и действующей методикам представлены в табл. 5.5.

С учетом аддитивного действия веществ. Величина $C_{ПДС}$ по новой методике получилась меньше, чем по действующей для: БПК – в 1,3 раза; взвешенных веществ – в 1,2 раза; сухого остатка – в 2,0 раза; фосфатов – в 9,2 раза; нитратов – в 6,7 раз. Для других веществ величины $C_{ПДС}$ по новой методике получились больше, чем по действующей: СПАВ – в 1,7 раза; сульфатов – в 2,5 раза; хлоридов – в 1,9 раз; азота аммонийного – в 10,8 раз; азота нитритного – в 23,5 раза; железа – в 5,0 раз; меди – в 75,0 раз; цинка – в 57,5 раз; алюминия – в 8,2 раза; нефтепродуктов – 3,7 раза; фенолов – в 18,0 раз.

Без учета аддитивного действия веществ. Величина $C_{ПДС}$ по новой методике получилась меньше, чем по действующей для: БПК - в 1,2 раза; взвешенных веществ – в 1,2 раза; сухого остатка – в 2,0 раза; фосфатов – в 8,9 раза; СПАВ – в 1,4 раза; азота нитратного – в 23,8 раза; сульфатов – в 2,9 раза; хлоридов – в 2,7 раза; азота аммонийного – в 7,2 раз; азота нитритного – в 1,1 раз; алюминия – в 1,2 раз. Для других веществ величины $C_{ПДС}$ по новой методике получились больше, чем по действующей: железа – в 2,0 раза; меди – в 3,0 раз; цинка – в 3,8 раз; нефтепродуктов – 1,4 раза; фенолов – в 9,0 раз.

Для **источника № 3** результаты расчета концентраций в сточной воде ($C_{ПДС}$) по новой и действующей методикам представлены в табл. 5.6.

С учетом аддитивного действия веществ. Величина $C_{ПДС}$ по новой методике получилась меньше, чем по действующей для: БПК - в 1,4 раза; взвешенных веществ – в 1,2 раза; сухого остатка – в 3,5 раза; фосфатов – в 10,1 раза; нитратов – в 6,7 раз. Для других веществ величины $C_{ПДС}$ по новой методике получились больше, чем по действующей: СПАВ – в 1,7 раза; сульфатов – в 2,4 раза; хлоридов – в 1,9 раз; азота аммонийного – в 10,8 раз; азота нитритного – в 23,5 раза; железа – в 5,0 раз; меди – в 75,0 раз; цинка – в 57,5 раз; алюминия – в 8,2 раза; нефтепродуктов – 3,7 раза; фенолов – в 18,0 раз.

Без учета аддитивного действия веществ. Величина $C_{ПДС}$ по новой методике получилась меньше, чем по действующей для: БПК – в 1,4 раза; взвешенных веществ – в 1,2 раза; сухого остатка – в 3,5 раза; фосфатов – в 10,1 раза; СПАВ – в 1,2 раза; нитратов – в 28,6 раз; сульфатов – в 2,3 раза; хлоридов – в 8,5 раз; азота аммонийного – в 4,0 раз; азота нитритного – в 1,1 раза; алюминия – в 1,7 раза. Для других веществ величины $C_{ПДС}$

по новой методике получились больше, чем по действующей: для железа – в 2,0 раза; меди – в 15,0 раз; цинка – в 6,9 раз; нефтепродуктов – в 1,2 раза; фенолов – в 9,0 раз.

В рамках новой методики проблема «жестких» и «мягких» нормативов перестает существовать. Результаты расчетов показывают, что для большинства веществ концентрация предельно допустимого сброса ($C_{ПДС}$) вполне достижима и всего в 2-4 раза превышает фоновую концентрацию веществ в воде Саратовского водохранилища.

Важное место в новой методике отводится расчетам лимитов ВСС, которые определяются на основе анализа фактических концентраций веществ в сточных водах водопользователя с использованием реальных программ поэтапного перехода от лимитов ВСС к нормативам ПДС. По действующей же методике лимиты ВСС не рассчитываются, а устанавливаются природоохранными службами на основе весьма условных критериев, что не исключает фактор субъективизма при установлении лимитов ВСС.

Применение новой методики расчета нормативов ПДС и лимитов ВСС направлено на снижение антропогенной нагрузки на водные объекты и на сохранение водных экосистем в их естественном состоянии.

Таблица 5.4

**Результаты расчета по действующей и новой методикам
с учетом ($C_{\text{ПДС}}^1$) и без учета ($C_{\text{ПДС}}^2$) аддитивного действия веществ для источника № 1**

№ п/п	Наименование вещества	С _{СВ}	Действующая методика				Новая методика			
			ПДК	С _{фон}	С _{ПДС} ¹	С _{ПДС} ²	РПДК	С _{фон}	С _{ПДС} ¹	С _{ПДС} ²
Общие показатели										
1.	БПК _{полн.}	7,9	3,0	2,7	6,0	6,0	2,7	2,5	4,9	4,9
2.	Взвешенные вещества	11,5	3,05	2,8	5,8	5,8	2,8	2,6	4,8	4,8
3.	Сухой остаток	552,0	1000,0	292,0	552,0*	552,0*	292	271	504,3	504,3
Санитарные показатели										
4.	Фосфаты	2,92	0,200	0,070	1,51	1,51	0,07	0,06	0,17	0,17
Вещества санитарно – токсикологического ЛПВ										
5.	СПАВ	0,06	0,100	0,013	0,025	0,06*	0,013	0,010	0,043	0,043
6.	Азот нитратный	12,4	9,1	0,25	5,08	12,4*	0,25	0,20	0,76	0,76
7.	Сульфаты	111,0	100,0	66,3	45,5	111,0*	66,3	61,3	110,2	110,2
8.	Хлориды	85,0	300,0	33,8	34,9	85,0*	33,8	30,5	67,2	67,2
Вещества токсикологического ЛПВ										
9.	Азот аммонийный	0,34	0,39	0,13	0,04	0,34*	0,13	0,10	0,43	0,43
10.	Азот нитритный	0,015	0,020	0,017	0,002	0,015*	0,017	0,014	0,047	0,047
11.	Железо	0,31	0,100	0,100	0,04	0,10	0,100	0,09	0,201	0,201
12.	Медь	0,0015	0,001	0,005	0,0002	0,001**	0,005	0,004	0,015	0,015
13.	Цинк	0,010	0,010	0,018	0,0012	0,01**	0,018	0,013	0,069	0,069
14.	Алюминий	0,042	0,040	0,012	0,0051	0,042*	0,012	0,009	0,042	0,042
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ										
15.	Нефтепродукты	0,06	0,050	0,046	0,03	0,06*	0,046	0,04	0,107	0,107
16.	Фенол	0,001	0,001	0,004	0,0005	0,001**	0,004	0,003	0,009	0,009

Примечание: «*» – $C_{\text{ПДС}}$ принимаются на уровне $C_{\text{СВ}}$;

«**» – $C_{\text{ПДС}}$ принимаются на уровне рыбохозяйственных ПДК при значениях $C_{\text{Фон}} > \text{ПДК}$.

Таблица 5.5

**Результаты расчета по действующей и новой методикам
с учетом ($C_{\text{ПДС}}^1$) и без учета ($C_{\text{ПДС}}^2$) аддитивного действия веществ для источника № 2**

№ п/п	Наименование вещества	С _{СВ}	Действующая методика				Новая методика			
			ПДК	С _{фон}	С _{ПДС} ¹	С _{ПДС} ²	РПДК	С _{фон}	С _{ПДС} ¹	С _{ПДС} ²
Общие показатели										
1.	БПК _{полн.}	6,9	3,0	2,7	6,1	6,1	2,7	2,5	4,7	4,7
2.	Взвешенные вещества	32,5	3,05	2,8	5,7	5,7	2,8	2,6	4,8	4,8
3.	Сухой остаток	992,0	1000,0	292,0	992,0*	992,0*	292	271	504,3	504,3
Санитарные показатели										
4.	Фосфаты	2,10	0,200	0,070	1,56	1,56	0,07	0,06	0,17	0,17
Вещества санитарно – токсикологического ЛПВ										
5.	СПАВ	0,06	0,100	0,013	0,025	0,06*	0,013	0,010	0,043	0,043
6.	Азот нитратный	18,1	9,1	0,25	5,08	18,1*	0,25	0,20	0,76	0,76
7.	Сульфаты	320,0	100,0	66,3	45,5	320,0*	66,3	61,3	110,2	110,2
8.	Хлориды	181,0	300,0	33,8	34,9	181,0*	33,8	30,5	67,2	67,2
Вещества токсикологического ЛПВ										
9.	Азот аммонийный	4,80	0,39	0,13	0,04	3,10	0,13	0,10	0,43	0,43
10.	Азот нитритный	0,750	0,020	0,017	0,002	0,051	0,017	0,014	0,047	0,047
11.	Железо	1,30	0,100	0,100	0,04	0,10	0,100	0,09	0,20	0,20
12.	Медь	0,015	0,001	0,005	0,0002	0,001**	0,005	0,004	0,015	0,015
13.	Цинк	0,040	0,010	0,018	0,0012	0,01**	0,018	0,013	0,069	0,069
14.	Алюминий	0,050	0,040	0,012	0,0051*	0,050*	0,012	0,009	0,042	0,042
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ										
15.	Нефтепродукты	0,08	0,050	0,046	0,03	0,08*	0,046	0,04	0,11	0,11
16.	Фенол	0,002	0,001	0,004	0,0005	0,001**	0,004	0,003	0,009	0,009

Примечание: См. разъяснение в табл. 5.4.

Таблица 5.6

**Результаты расчета по действующей и новой методикам
с учетом ($C_{\text{ПДС}}^1$) и без учета ($C_{\text{ПДС}}^2$) аддитивного действия веществ для источника № 3**

№ п/п	Наименование вещества	С _{СВ}	Действующая методика				Новая методика			
			ПДК	С _{фон}	С _{ПДС} ¹	С _{ПДС} ²	РПДК	С _{фон}	С _{ПДС} ¹	С _{ПДС} ²
Общие показатели										
1.	БПК _{полн.}	7,7	3,0	2,7	6,5	6,5	2,7	2,5	4,7	4,7
2.	Взвешенные вещества	21,0	3,05	2,8	5,9	5,9	2,8	2,6	4,8	4,8
3.	Сухой остаток	1747,0	1000,0	292,0	1747,0*	1747,0*	292	271	504,3	504,3
Санитарные показатели										
4.	Фосфаты	3,97	0,200	0,070	1,71	1,71	0,07	0,06	0,17	0,17
Вещества санитарно – токсикологического ЛПВ										
5.	СПАВ	0,05	0,100	0,013	0,025	0,05*	0,013	0,010	0,043	0,043
6.	Азот нитратный	21,7	9,1	0,25	5,08	21,7*	0,25	0,20	0,76	0,76
7.	Сульфаты	256,0	100,0	66,3	45,5	256,0*	66,3	61,3	110,2	110,2
8.	Хлориды	574,0	300,0	33,8	34,9	574,0*	33,8	30,5	67,2	67,2
Вещества токсикологического ЛПВ										
9.	Азот аммонийный	1,70	0,39	0,13	0,04	1,72*	0,13	0,10	0,43	0,43
10.	Азот нитритный	0,130	0,020	0,017	0,002	0,050	0,017	0,014	0,047	0,047
11.	Железо	0,81	0,100	0,100	0,04	0,10	0,100	0,09	0,20	0,20
12.	Медь	0,010	0,001	0,005	0,0002	0,001**	0,005	0,004	0,015	0,015
13.	Цинк	0,009	0,010	0,018	0,0012	0,01**	0,018	0,013	0,069	0,069
14.	Алюминий	0,070	0,040	0,012	0,0051	0,070*	0,012	0,009	0,042	0,042
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ										
15.	Нефтепродукты	0,67	0,050	0,046	0,03	0,09	0,046	0,04	0,11	0,11
16.	Фенол	0,002	0,001	0,004	0,0005	0,001**	0,004	0,003	0,009	0,009

Примечание: См. разъяснение в табл. 5.4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Водные объекты испытывают различную антропогенную нагрузку от точечных источников загрязнения. Используя предлагаемый подход, представляется возможным распределить водные объекты по степени антропогенной нагрузки и учитывать это при нормировании сброса загрязняющих веществ в водные объекты в составе сточных вод.

2. Предложен способ количественной оценки экологической опасности точечных источников загрязнения, благодаря которому представляется возможным ранжировать их на территории бассейна водного объекта. На примере источников, расположенных на территории г.Тольятти, рассчитан индекс загрязнения сточных вод.

3. Разработан способ определения и выполнен расчет региональных предельно допустимых концентраций на примере Саратовского водохранилища. Полученные региональные ПДК существенно отличаются от общероссийских рыбохозяйственных ПДК.

4. Предложен способ определения кратности разбавления сточных вод с использованием результатов локального мониторинга водного объекта в районе сброса сточных вод. Данный способ позволяет повысить достоверность определения кратности разбавления сточных вод на водном объекте.

5. Разработаны новые подходы к нормированию сброса загрязняющих веществ в водные объекты, основанные на использовании результатов локального мониторинга водных объектов в районе сброса сточных вод. В качестве критерия нормирования используются региональные ПДК, благодаря которым учитываются различные природно-географические и климатические условия формирования качества вод водных объектов.

6. Разработан новый вариант методики расчета нормативов ПДС веществ, поступающих в водные объекты в составе сточных вод. Сравнительный анализ результатов расчета нормативов ПДС по новой и действующей методикам показал достоинства нового подхода.

ЛИТЕРАТУРА

Айтсман А.М., Вельнер Х.А., Паль Л.Л. О инженерном расчете допустимых нагрузок загрязнения водотоков // Материалы I Всесоюзного симпоз. по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод. – Таллин: ТПИ, 1965. – С. 87-107.

Алимов А.В., Бульон В.В., Гутельмахер В.Л. и др. Применение биологических и экологических показателей для определения степени загрязнения природных вод // Водные ресурсы. – 1979. – № 5. – С. 1-53.

Багаев Ю.Г. Нормирование сбросов сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 3. – С. 14-16.

Баготский С.В., Санин М.В., Эйнон Л.О. Некоторые подходы к экологически обоснованному нормированию загрязняющих веществ в водоемах // Водные ресурсы. – 1992. – № 6. – С. 101-106.

Баранник В.А., Кресин В.С. Расчет локального влияния сосредоточенного выпуска сточных вод на качество воды водоема // Водоохранные комплексы речных бассейнов: Сб. науч. тр. – Харьков, 1985. – С. 95-101.

Баранник В.А., Кресин В.С. Расчет кратности основного разбавления сточных вод, поступающих в водохранилище из рассеивающего выпуска сложной конфигурации // Охрана вод речных бассейнов: Сб. науч. тр. – Харьков, 1987. – С. 132-137.

Безобразов Ю.Б. Формирование полей примеси в водоемах и водотоках: Автореф. дис. Безобразова Ю.Б. д-ра техн. наук. – СПб., 1993. – 53 с.

Бейм А.М., Зомер Е.А. Состояние и перспективы экспериментального обоснования экологических регламентов на химические компоненты производственных сточных вод в бассейне озера Байкал // Мониторинг состояния озера Байкал. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 191-199.

Беляев С.Д. К вопросу о нормировании водопользования // Водное хозяйство России. – 2004. – Т. 6. – С. 445-459.

Беляев С.Д., Черняев А.М. Региональные стандарты и целевые показатели состояния водных объектов // Тез. докл. Третьего междунар. конгр. «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-98». – М., 1998. – С. 576-577.

Бердавцева Л.Б., Леонов А.В. Анализ гидрохимических данных для оценки состояния и качества речных вод // Водные ресурсы. – 1992. – № 5. – С. 95-109.

Бреховских А.Ф., Дебольская Е.И., Дебольский В.К. и др. Исследование процессов распространения загрязняющих веществ в приливных устьях северных рек // Водные ресурсы. – 1997. – № 5. – С. 532-536.

Венецианов Е.В., Левит-Гуревич Л.К. О концепции системы оперативного мониторинга водных объектов // Тез. докл. Третьего междунар. конгр. «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-98». – М., 1998. – С. 505-506.

Водные ресурсы СССР и их использование, государственный водный кадастр. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 300 с.

Водный кодекс РСФСР (С изменениями и дополнениями на 12 марта 1980 г.). – М.: Юридическая лит-ра, 1985. – 46 с.

Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ.

Воды России (состояние, использование, охрана) 1995 г. / А.М. Черняев, М.А. Гэринг, Л.П. Белова, Н.Б. Прохорова. – Екатеринбург, 1996. – 103 с.

Волков И.В., Заличева И.Н., Ганина В.С. и др. О принципах регламентирования антропогенной нагрузки на водные экосистемы // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20, № 6. – С. 707-713.

Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). – Екатеринбург: Наука, 1994. – 280 с.

Гельфенбуйм И.В., Лепихин А.П. Особенности гидрохимического режима и нормирования техногенных нагрузок на реку Каму // Загрязнение окружающей среды: Проблемы токсикологии и эпидемиологии: Тез. докл. – Пермь, 1993. – С.33-34.

Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ. Куйбышевское и Саратовское водохранилища. – ГМИ. Л., 1978. – 270 с.

Города России: энциклопедия / Гл. ред. Г.М. Лаппо. – М.: «Большая Российская энциклопедия», ТЕРРА – Книжный клуб, 1998. – 559 с.

ГОСТ 17.1.1.01-77. «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения». – М.: Изд-во стандартов, 1992.

Гумен С.Г., Передняя Т.В. Региональный норматив по водоотведению в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 11. – С. 10-12.

Демин А.П., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Анализ и оценка влияния природных и антропогенных факторов на водные ресурсы бассейна Волги: водопотребление // Водные ресурсы. – 1997. – № 5. – С. 609-616.

Долгонос Б.М., Кочарян А.Г., Хранович И.Л. Системный подход к назначению предельно допустимых сбросов (ПДС) // Тез. докл. Третьего междунар. конгр. «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-98». – М.; 1998. – С. 394-396.

Дополнительный перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. К приложению № 3 «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», утв. 16.06.74 г. № 1-5: Утвержденные Главрыбводом № 30-11-11. – 21 с.

Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Канализация промышленных предприятий. – М.: Госстройиздат, 1962. – 602 с.

Жуков А.И., Карелин Я.А., Колобанов С.К., Яковлев С.В. Канализация. – М.; 1964. – 642 с.

Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», апрель 1991 г.

Закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды» // Росс. газета. – 1992. – 3 марта.

Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г.

Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». – М.: ИнтерСЭН, 2002. – 48 с.

Закон РФ «Об охране окружающей среды» // Росс. газета. – 2002. – 10 января.

Замолодчиков Д.Г. Оценки экологически допустимых уровней антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 1993. – Т. 15. – С. 214-233.

Иванов А.В., Абдуллин И.А. К оценке эффективности нормативов ПДВ и ПДС для природных сред // Экология и безопасность жизнедеятельности: Материалы Междунар. науч. симпоз. в рамках Междунар. Конгр. «Экология, жизнь, здоровье». Ч. 2. – Волгоград, 1996. – С. 54-55.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 555 с.

Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Инсаров Г.Э., Семевский Ф.Н., Семенов С.М. Экологический мониторинг и регулирование состояния природной среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 282 с.

Израэль Ю.А., Ровинский Ф.Я., Черханов Ю.П. Изучение фонового загрязнения окружающей природной среды в СССР: функциональная структура фонового мониторинга // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 200 с.

Инструкция о порядке составления статистического отчета об использовании воды по форме № 2-ТП (водхоз) ЦСУ СССР. – М.; 1985. – 8 с.

Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и в водные объекты. – М.; 1989. – 19 с.

Караушев А.В., Скакальский Б.Г., Шварцман А.Я., Фаустова Л.И. Оценка загрязненности водных объектов по интегральным показателям // Материалы V Всесоюз. науч. симпоз. по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. IV секция «Регулирование качества воды». Ч. I. – Таллин, 1975. – С. 97-106.

Караушев А.В., Шварцман А.Я. Нормирование сбросов сточных вод в реки с учетом их режима // Тр. V Всесоюз. гидрол. съезда «Качество вод и научные основы их охраны». Т. 5. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 17-28.

Кармазинов Ф.В., Цветкова Л.И., Алексеев М.И. Экологические нормативы при сбросе сточных вод в водоемы // Тез. докл. Третьего междунар. конгр. «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-98». – М.; 1998. – С. 408-409.

Клеванный К.А., Матвеев Т.В. Справочник пользователя программы CARDINAL. – СПб.: Изд-во «Невский Курьер», 1994. – 72 с.

Клименко О.А., Быстров А.В., Геков В.Ф. Оперативный прогноз распространения в водотоках зон опасного аварийного загрязнения // Гидрохимические материалы. – 1991. – Т. 100. – С. 93-113.

Комментарий к водному кодексу Российской Федерации // Право и экономика. – М.; 1996. – № 17-18. – 183 с.

Котляков В.М. Природа России испытывает двойную нагрузку // Вестн. РАН. – 1992. – № 8. – С. 65-75.

Красовский Г.Н. Принципы эколого-гигиенического регламентирования качества водных объектов // Водные ресурсы. – 1982. – № 2. – С. 3-19.

Лапин И.А., Никаноров А.М. Проблемы экологического нормирования антропогенного воздействия на водные экосистемы // Междунар. симпоз. «Экология '92». – Бургас. 1992. – С. 204-207.

Лапшов Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат. 1977. – 87 с.

Ласкорин Б.Н., Лукьяненко В.И. Стратегия и тактика охраны водоемов от загрязнения // Вестн. РАН. – 1992. – № 11. – С. 45-63.

Левич А.П., Терехин А.Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на пресноводные экосистемы // Водные ресурсы. – 1997. – № 3. – С. 328-335.

Леонов А.В., Булдовская О.Р. Анализ данных моделирования динамики и потоков фосфора в разных по трофности водных экосистемах: выявление статистических связей для прогноза концентраций, потоков и нагрузки по фосфору // Водные ресурсы. – 1997. – № 3. – С. 277-291.

Лепихин А.П. Некоторые ограничения и противоречия концепции экологических предельно допустимых концентраций для водных объектов // Загрязнение окружающей среды: Проблемы токсикологии и эпидемиологии: Тез. докл. – Пермь, 1993. – С. 75-76.

Лесников Л.А. Временные методические указания по установлению предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов. – Л., 1975. – 40 с.

Лесников Л.А. Разработка нормативов допустимого содержания вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1979. – Вып. 144. – С. 3-41.

Лозанский В.Р. Возможные подходы к повышению эффективности управления качеством речных вод // Охрана вод речных бассейнов. – Харьков, 1987. – С. 29-37.

Лозанский В.Р. Расчет ассимилирующей способности водотока // Охрана вод от загрязнения поверхностным стоком. – Харьков: ВНИИВО, 1983. – С. 102-112.

Маклейн М. Использование водных ресурсов бассейна реки Амазонки: проблемы и возможности // Междунар. науч.-промышленный форум «Великие реки – 99». Т. 1. Генеральные доклады по проблемам экологического оздоровления великих рек мира. – Н. Новгород, 1999. – С. 67-86.

Максимова М.П. Антропогенные изменения ионного стока крупных рек Советского Союза // Водные ресурсы. – 1991. – № 5. – С. 65-69.

Методика расчета предельно допустимых сбросов веществ (ПДС) в водные объекты со сточными водами. – Харьков, 1990. – 113 с.

Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 287 с.

Методические рекомендации по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих со сточными водами в прибрежные воды морей: Утв. Минводхозом СССР 5 мая 1986 г. – Харьков, 1986. – 30 с.

Методические указания по применению правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. – М., Харьков: ВНИИВО, 1982. – 81 с.

Методические указания по рассмотрению проектов предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами. – М., 1983а. – 15 с.

Методические указания по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами. – М.; 1983б. – 20 с.

Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты. – М.; 1999а. – 21 с.

Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты. – М., 1999б. – 18 с.

Методы расчета разбавления сточных вод в реках (Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод) / Под ред. проф. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 103 с.

Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. вып. 24. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 518 с.

Мосияш С.С., Котляр С.Г., Мосияш С.А. Экосистемный подход к определению предельно допустимой концентрации минеральных форм азота в мезотрофном водоеме // Тез. докл. Междунар. конф. «Экологические проблемы бассейнов крупных рек -3». – Тольятти, 2003. – С. 276.

Нечаев А.П. Нормирование условий отведения сточных вод в поверхностные водные объекты // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 1. – С. 2-6.

Новый подход к определению величин ПДС сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1994. – № 4. – С. 5-6.

Огородникова А.А., Ведейман Е.Л. Оценка влияния антропогенной нагрузки на биоресурсы Амурского залива // Водные ресурсы. – 1997. – № 5. – С. 624-629.

О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов. Постановление Центрального Комитета КПСС и

Совета Министров СССР от 1 декабря 1968г. № 984: Собрание постановлений правительства Союза Советских социалистических республик. 1970 г. № 2. ст.6.

Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик: Закон СССР от 10 декабря 1970 года. № 564-УШ. Ведомости Верховного Совета СССР, 1970 г. № 50, ст. 566.

Паль Л.Л. Расчет разбавления сточных вод в реках // Качество воды и рыбное хозяйство рек и внутренних водоемов: Лекции на междунар. гидрол. курсах при МГУ. 4 секция. – М., 1972. – С. 35-50.

Пальгунов Н.В. Новые подходы к нормированию загрязняющих веществ // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 9. – С.13-14.

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.

Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами № 379-61. – М., 1961. – 45 с.

Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. – М., 1975. – 38 с.

Правила охраны поверхностных вод. – М., 1991. – 30 с.

Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: ГГИ, 1973.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Утв. Приказом Минздрава СССР от 24 октября 1983г. № 2932-83. – М., 1983 г. – 61 с.

Рахуба А.И. Оценка качества вод Саратовского водохранилища в районе питьевого водозабора г. Самара // Водное хозяйство России. Том 7, № 6. – Екатеринбург: РосНИИВХ, 2005. – С. 601-611.

РД 52.24.622-2001. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. – СПб.: Гидрометеиздат, 1983. – 63 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.

Рекомендации по расчету рассеивающих выпусков сточных в реки и водоемы. – М.: Госстрой СССР, 1977. – 64 с.

Родзиллер И.Д. К вопросу о расчете смешения сточных вод в реках. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1954.

Родзиллер И.Д. Определение кратности разбавления сточных вод речной вод речной водой // Гигиена и санитария. – 1959. – № 11.

Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 262 с.

Родзиллер И.Д. Проблемы прогнозирования трансформации веществ в водных объектах // Тр. V Всесоюз. гидрол. съезда «Качество вод и научные основы их охраны». Т. 5. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 37-46.

Рубцов М.Г., Купер В.Я., Нечаев С.А., Татарченко Е.И. Автоматизированный измерительный комплекс для гидрофизических исследований // Технические средства и методы исследования океанов и морей: Тез. докл. Т. 2. – М., 1989. – С. 85.

Руффель М.А. Метод расчета разбавления сточных вод при санитарной охране водоемов // Гигиена и санитария. – 1960. – № 4.

Руффель М.А. Методы расчета разбавления сточных вод при санитарной охране водоемов // Гигиена и санитария. – 1968. – № 2. – С. 24-31.

СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест. Санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.

Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения СанПиН 4630-93, Минздрав РФ. – М., 1993.

Селезнев В.А., Селезнева А.В. Методика расчета предельно допустимых сбросов и временно согласованных сбросов веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами (проект) // Экология и промышленность России. – 1998. – Декабрь. – С. 32-36.

Селезнев В.А., Селезнева А.В. Оценка воздействия точечного источника загрязнения на качество вод водохранилища // Водные ресурсы. – 1999. – № 3. – С. 501-511.

Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 32-40.

Усовершенствованные методические рекомендации по оперативному прогнозированию распространения зон опасного аварийного загрязнения в водотоках и водоемах, а также уровней содержания в воде основных загрязняющих веществ. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 60 с.

Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.

Черкинский С.Н. Теоретические вопросы гигиенического нормирования при одновременном загрязнении водоемов несколькими веществами // Гигиена и санитария. – 1957. – № 8. – С. 3-9.

Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977. – 223 с.

Чернега Л.Г. Оценка антропогенного воздействия на состояние водных ресурсов // Экономика рационального использования водных ресурсов в промышленности. – М.: ВНИИ ВОДГЕО. 1990. – С. 18-23.

Черняев А.М., Базанова Л.Ю., Белова Л.П., Логинова Н.Н. Воды России (состояние, использование, охрана) 1986-1990 гг. – Свердловск; 1991. – С. 146.

Экологическое нормирование: проблемы и методы: Тез. науч.-координац. совщ. – М., 1992. – 161 с.

Экология, охрана природы и экологическая безопасность. Учебное пособие для системы повышения квалификации и переподготовки государственных служащих / Под ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: МНЭПУ, 1997. – 744 с.

Яковлев С.В. Проблема водного хозяйства больших городов России // Экология и промышленность России. – 1996. – Июль. – С. 8-9

Яковлев С.В., Нечаев А.П., Мясникова Е.В., Максимов А.В. К разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты // Тез. докл. Третьего междунар. конгр. «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-98». – М., 1998. – С. 607.

Bakonyi P., Jozsa J. A coupled finite difference-fluid element tracking method for modelling horizontal mass transport in shallow lakes // Comput. Meth. Water Resour. V. 1, – Amsterdam etc.; Southampton; Boston. 1988. – P. 289-294.

Chen Guojie // Zhongguo huanjing kexue = China Environ. Sci. – 1996. – V. 16, № 5. – P. 339-344.

Crockett A.B. Water and wastewater quality monitoring. Mc Murdo Station. Antarctica // Environ. Monit. and Assess. – 1997. – V. 47, № 1. – P. 39-57.

Hutcheson M.R. Waste load allocation for whole effluent toxicity to protect aquatic organisms // Water Resour. Res. – 1992. – V. 28, № 11. – P. 2989-2992.

Kamari J., Forsius M., Posch M. Critical loads of sulfur and nitrogen for lakes. Regional extent and variability in Finland // *Water, Air and Soil Pollut.* – 1993. – V. 1, № 1-2. – P. 77-96.

Karuppiah M., Gupta G. Impact of point and nonpoint source pollution on pore waters of two Chesapeake Bay tributaries // *Ecotoxicol. and Environ. Safety.* – 1996. – V. 5, № 1. – P. 81-85.

Koh H.-L., Lim P.-E., Lee H.-L. Impact modeling of sewage discharge from Georgetown of Penang, Malaysia on coastal water quality // *Environ. Monit. and Assess.* – 1997. – V. 44, № 1-3. – P. 199-209.

Laplante Benoit. Environmental regulation: performance and design standards // *Getting It. Green.: Case studies Can. environ. regul.* - Toronto; Calgary. – 1990. – P. 59-88.

Latimer J.S., Quinn J.G. Aliphatic petroleum and biogenic hydrocarbons entering Narragansett Bay from tributaries under dry weather conditions // *Estuaries.* – 1998. – V. 21, № 1. – P. 91-107.

Mahamah D.S., Bhagat S.K. Analysis Ecological Systems: State-of-the-Art Ecological Modelling. – Amsterdam, 1983. – 593 p.

Miller B.M., Peirson W.L., Wang Y.C., Cox R.J. An overview of numerical modelling of the Sydney deepwater outfall plumes // *Mar. Pollut. Bull.* – 1996. – V. 33, № 7-12. – P. 147-159.

Taylor P. Environmental capacity and the limits of predictive science. The precautionary principle in the control of hazardous substances // *Jt Intern. Sympos. Environ. Conseq. Hazard. Waste Dispos.*, V. 1. – Stockholm, 1991. – P. 29-38.

Thoms M., Thiel P. The impact of urbanisation on the bed sediments of South Creek, New South Wales // *Austral. Geogr. Stud.* – 1995. – V. 33, № 1. – P. 31-43.

Transport model of pollutants in the gulf of Gdansk / Jedraasik J., Kowalewski M. // *Stnd. i mater. oceanol. Mar. Pollut. / Pol. Acad. Sci.* – 1993. – № 3. – P. 61-75.

Trzosinska A. Monitoring the Polish zone of the Baltic Sea // *Stud. i mater. oceanol. Mar. Pollut. / Pol. Acad. Sci.* – 1992. – № 2. – P. 12-20.

Valiquett L., Briere F., Beson P. Une analyse des strategies de lutte contre la pollution // «Fau Quebec». – 1981. – V. 14, № 1. – P. 20-22, 24-25.

Walling D.E., Webb B.W., Russell M.A. Sediment-associated nutrient transport in UK rivers: Pap. Intern. Sympos. (Symp. S4) «Freshwater Contam» // *IAHS Publ.* – 1997. – № 243. – P. 69-81.

Young Der-Liang, Lin Quain-Hsin. Modeling of thermally stratified lakes with free surfaces // *Hydraul. And Environ: 23 rd Congr.* – Ottawa, 1989. – P. 137-144.

Zupan M. Long-term quality monitoring // *Acta carsol.* – 1997. – № 1. – P. 92-102.

Концентрация веществ в сточных водах
(источник № 1, 2002 г.)

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	7,0	6,0	6,2	6,8	5,7	5,7
2.	Взвешенные вещества	11,5	9,4	8,5	9,07	9,56	7,9
3.	Сухой остаток	367,7	417,7	396,2	552,0	427,5	408,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	2,66	2,6	2,82	2,92	2,81	2,79
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,009	0,011	0,0112	0,0113	0,012	0,013
6.	Азот нитратный	11,3	12,4	11,8	11,4	10,75	10,3
7.	Сульфаты	76,4	97,1	92,6	101,0	94,7	84,8
8.	Хлориды	47,5	52,0	58,4	85,0	58,2	60,8
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,34	0,26	0,23	0,2	0,18	0,21
10.	Азот нитритный	0,015	0,004	0,005	0,006	0,005	0,004
11.	Железо	0,25	0,25	0,26	0,21	0,19	0,2
12.	Медь	0,001	0,001	0,0015	0,001	0,0005	0,0006
13.	Цинк	0,01	0,003	0,0036	0,003	0,0047	0,005
14.	Алюминий	0,042	0,032	0,031	0,027	0,02	0,019
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,06	0,04	0,037	0,044	0,033	0,036
16.	Фенолы	0,001	0	0,001	0,001	0	0,001

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,6	7,9	6,8	6,8	5,7	5,7
2.	Взвешенные вещества	8,8	8,2	9,06	9,08	8,38	9,01
3.	Сухой остаток	354,0	362,0	408,0	387,5	397,0	392,6
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	2,9	2,8	2,74	2,57	2,63	2,66
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,012	0,012	0,011	0,012	0,012	0,047
6.	Азот нитратный	9,2	8,7	9,15	9,3	10,9	10,68
7.	Сульфаты	71,7	76,8	78,9	80,2	90,25	101,0
8.	Хлориды	54,3	53,7	50,7	45,2	50,2	52,95
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,23	0,22	0,23	0,21	0,18	0,21
10.	Азот нитритный	0,003	0,003	0,007	0,0059	0,01	0,012
11.	Железо	0,2	0,19	0,21	0,23	0,18	0,23
12.	Медь	0,0004	0,0007	0,0007	0,0007	0,001	0,001
13.	Цинк	0,004	0,004	0,004	0,0045	0,0045	0,004
14.	Алюминий	0,022	0,03	0,03	0,027	0,024	0,02
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,037	0,04	0,035	0,027	0,032	0,038
16.	Фенолы	0,001	0	0,001	0,001	0	0,001

Концентрация веществ в сточных водах
(Источник № 1, 2003 г.)

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,7	5,9	5,9	6,4	5,5	5,5
2.	Взвешенные вещества	10,1	10,5	9,8	8,6	8,5	8,45
3.	Сухой остаток	443,0	435,0	461,0	490,0	426,0	410,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	2,89	2,8	2,5	2,7	2,7	2,68
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,057	0,06	0,04	0,03	0,045	0,045
6.	Азот нитратный	11,6	11,0	10,1	10,8	10,95	9,9
7.	Сульфаты	93,6	108,8	111,0	107,0	91,9	92,5
8.	Хлориды	52,4	57,0	57,9	65,9	64,4	64,7
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,18	0,16	0,24	0,16	0,16	0,17
10.	Азот нитритный	0,011	0,01	0,011	0,0075	0,013	0,0056
11.	Железо	0,28	0,31	0,3	0,29	0,27	0,26
12.	Медь	0,0013	0,0011	0,0011	0,0015	0,0011	0,001
13.	Цинк	0,0048	0,0048	0,005	0,0066	0,0066	0,005
14.	Алюминий	0,028	0,03	0,03	0,03	0,024	0,015
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,039	0,0380	0,039	0,034	0,033	0,03
16.	Фенолы	0,001	0	0,001	0,001	0	0,001

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,32	5,5	5,88	5,5	6,0	5,85
2.	Взвешенные вещества	8,3	7,8	9,4	9,5	8,6	9,5
3.	Сухой остаток	442,0	341,0	430,0	408,5	429,0	410,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	2,49	2,7	2,7	2,81	2,7	2,65
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,04	0,04	0,04	0,015	0,038	0,03
6.	Азот нитратный	9,2	8,3	9,9	11,2	10,9	9,8
7.	Сульфаты	77,0	91,6	84,0	88,7	99,1	98,2
8.	Хлориды	53,5	53,5	50,7	46,4	49,9	50,5
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,2	0,23	0,21	0,18	0,19	0,16
10.	Азот нитритный	0,004	0,007	0,007	0,009	0,008	0,006
11.	Железо	0,27	0,21	0,24	0,28	0,25	0,26
12.	Медь	0,001	0,001	0,001	0,0012	0,001	0,001
13.	Цинк	0,005	0,005	0,005	0,0057	0,005	0,0045
14.	Алюминий	0,02	0,018	0,02	0,03	0,025	0,028
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,03	0,046	0,047	0,053	0,05	0,048
16.	Фенолы	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001

Концентрация веществ в сточных водах
(Источник № 2, 2002 г.)

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,0	5,0	4,0	4,3	5,0	4,9
2.	Взвешенные вещества	32,5	10,0	18,0	13,3	23,0	12,0
3.	Сухой остаток	680,0	504,0	690,0	752,0	857,0	720,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	1,6	1,6	1,5	0,73	2,0	1,3
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,01	0,04	0,048	0,045	0,052	0,033
6.	Азот нитратный	4,5	4,1	8,9	12,9	3,9	8,0
7.	Сульфаты	207,0	128,0	180,0	276,0	287,0	220,0
8.	Хлориды	92,5	80,3	94,0	75,0	181,0	110,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	4,8	2,6	1,3	2,1	2,2	2,3
10.	Азот нитритный	0,34	0,1	0,07	0,16	0,46	0,5
11.	Железо	0,89	0,2	0,88	1,08	0,37	0,55
12.	Медь	0,013	0,012	0,011	0,006	0,01	0,01
13.	Цинк	0,009	0,025	0,018	0,013	0,022	0,009
14.	Алюминий	0,024	0,027	0,03	0,031	0,022	0,013
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,039	0,042	0,04	0,054	0,08	0,03
16.	Фенолы	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,9	6,1	6,4	6,6	6,9	6,1
2.	Взвешенные вещества	10,0	15,0	12,3	13,5	10,3	18,5
3.	Сухой остаток	800,0	530,0	554,0	728,5	710,0	870,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	0,62	0,8	1,2	1,45	1,4	1,5
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,033	0,005	0,048	0,017	0,06	0,01
6.	Азот нитратный	3,8	3,9	1,47	8,7	8,4	5,3
7.	Сульфаты	220,0	183,0	215,0	224,0	206,0	144,0
8.	Хлориды	69,0	89,5	70,5	85,2	86,0	93,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	1,5	1,8	1,7	1,8	4,0	2,4
10.	Азот нитритный	0,44	0,63	0,23	0,27	0,24	0,11
11.	Железо	0,73	0,72	0,74	0,52	0,41	0,78
12.	Медь	0,006	0,005	0,01	0,003	0,006	0,015
13.	Цинк	0,007	0,008	0,012	0,007	0,014	0,013
14.	Алюминий	0,027	0,029	0,031	0,032	0,024	0,014
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,041	0,042	0,043	0,054	0,07	0,04
16.	Фенолы	0,001	0	0	0	0	0

Концентрация веществ в сточных водах
(Источник № 2, 2003 г.)

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	6,1	5,9	5,8	6,3	6,9	5,1
2.	Взвешенные вещества	22,0	25,0	20,5	14,8	12,9	17,5
3.	Сухой остаток	828,0	815,0	854,0	883,0	950,0	992,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	1,2	1,1	1,2	2,1	1,4	1,2
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,02	0,03	0,043	0,055	0,023	0,04
6.	Азот нитратный	14,0	10,0	9,0	5,3	7,2	7,9
7.	Сульфаты	247,0	183,0	220,0	282,0	180,0	154,0
8.	Хлориды	96,0	84,0	85,0	85,0	90,0	93,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	2,9	3,3	1,4	1,9	1,3	1,8
10.	Азот нитритный	0,22	0,23	0,23	0,06	0,14	0,03
11.	Железо	0,87	0,97	0,52	0,6	0,62	0,78
12.	Медь	0,013	0,004	0,008	0,003	0,007	0,01
13.	Цинк	0,015	0,012	0,031	0,024	0,026	0,023
14.	Алюминий	0,028	0,04	0,05	0,04	0,024	0,015
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,067	0,042	0,054	0,041	0,031	0,041
16.	Фенолы	0,001	0,002	0	0,001	0,001	0,001

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	6,1	6,9	5,8	6,3	6,7	6,1
2.	Взвешенные вещества	15,5	10,0	11,2	10,7	28,0	17,0
3.	Сухой остаток	462,0	453,0	688,0	708,0	843,0	750,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	1,7	1,5	1,5	2,0	1,4	1,8
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,04	0,035	0,06	0,05	0,06	0,06
6.	Азот нитратный	12,7	5,3	3,5	2,0	1,1	18,1
7.	Сульфаты	162,0	193,0	232,0	189,6	320,0	194,0
8.	Хлориды	77,5	117,0	91,0	81,6	100,0	82,5
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	3,7	2,7	3,3	2,4	0,46	0,21
10.	Азот нитритный	0,25	0,18	0,35	0,75	0,012	0,015
11.	Железо	0,37	0,2	1,3	0,2	0,65	0,87
12.	Медь	0,007	0,009	0,003	0,003	0,009	0,014
13.	Цинк	0,01	0,012	0,005	0,009	0,04	0,032
14.	Алюминий	0,022	0,044	0,05	0,039	0,029	0,021
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,057	0,044	0,064	0,045	0,043	0,034
16.	Фенолы	0,001	0,002	0	0,001	0,001	0,001

Концентрация веществ в сточных водах
(Источник № 3, 2002 г.)

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,8	5,5	5,5	5,9	6,4	4,8
2.	Взвешенные вещества	18,6	16,0	21,0	14,0	17,3	14,5
3.	Сухой остаток	1346,0	1388,0	1484,0	1300,0	1476,0	1424,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	3,2	3,4	3,8	3,6	3,6	3,38
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,05	0,035	0,04	0,02	0,03	0,02
6.	Азот нитратный	21,3	19,9	21,7	16,8	12,3	17,0
7.	Сульфаты	116,0	150,0	189,0	256,0	233,0	242,0
8.	Хлориды	221,0	219,0	377,0	329,0	387,0	344,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	1,26	0,62	0,4	0,47	0,41	0,45
10.	Азот нитритный	0,088	0,05	0,028	0,05	0,025	0,04
11.	Железо	0,53	0,5	0,5	0,5	0,35	0,45
12.	Медь	0,0043	0,0057	0,008	0,007	0,01	0,0078
13.	Цинк	0	0	0	0	0,002	0,0027
14.	Алюминий	0	0	0,015	0	0	0
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,18	0,17	0,3	0,18	0,35	0,18
16.	Фенолы	0,0017	0,0001	0,0017	0,0002	0,0008	0

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,1	5,0	5,0	5,2	5,3	5,8
2.	Взвешенные вещества	13,5	17,7	18,9	14,4	14,0	15,9
3.	Сухой остаток	1430,0	1747,0	1591,0	1660,0	1633,0	1180,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	3,36	3,56	3,33	3,45	3,24	3,3
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,048	0,037	0,042	0,025	0,031	0,028
6.	Азот нитратный	13,1	13,2	11,3	6,6	9,7	14,4
7.	Сульфаты	175,0	233,0	170,0	125,0	147,0	125,0
8.	Хлориды	181,0	523,0	477,0	534,0	273,0	101,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,46	0,48	0,55	0,79	1,4	0,94
10.	Азот нитритный	0,04	0,02	0,035	0,048	0,054	0,05
11.	Железо	0,62	0,6	0,5	0,8	0,68	0,77
12.	Медь	0,0078	0,0042	0,0052	0,007	0,0033	0,005
13.	Цинк	0,004	0	0,0022	0,0005	0	0
14.	Алюминий	0	0	0,01	0	0	0
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,29	0,23	0,21	0,3	0,67	0,54
16.	Фенолы	0,00015	0,00009	0	0	0,0015	0,0013

Концентрация веществ в сточных водах
(Источник № 3, 2003 г.)

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	5,1	5,2	4,4	4,7	5,1	4,8
2.	Взвешенные вещества	12,8	14,1	16,2	16,1	17,0	16,4
3.	Сухой остаток	1215,0	1168,0	1277,0	1500,0	1623,0	1515,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	3,09	3,2	3,58	3,3	2,7	3,97
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,047	0,035	0,043	0,028	0,03	0,026
6.	Азот нитратный	9,4	5,8	5,3	3,4	3,4	6,5
7.	Сульфаты	139,0	117,0	132,0	116,0	172,5	164,0
8.	Хлориды	185,0	273,0	396,0	495,0	574,0	468,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,41	0,4	0,56	0,81	1,04	1,7
10.	Азот нитритный	0,023	0,02	0,038	0,05	0,08	0,13
11.	Железо	0,61	0,56	0,57	0,64	0,51	0,8
12.	Медь	0,002	0,003	0,0057	0,0058	0,003	0,0098
13.	Цинк	0	0	0,00017	0	0	0
14.	Алюминий	0,013	0,027	0,0087	0,07	0	0
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,33	0,53	0,52	0,345	0,4	0,36
16.	Фенолы	0,002	0,00015	0,00063	0,0013	0,0006	0

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	4,8	4,9	4,8	7,0	7,7	5,2
2.	Взвешенные вещества	13,6	14,5	15,6	16,6	14,7	18,6
3.	Сухой остаток	1590,0	1561,0	1393,0	1741,0	1613,0	1511,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	2,55	3,3	3,55	3,03	3,08	3,88
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,037	0,045	0,033	0,038	0,025	0,026
6.	Азот нитратный	3,5	7,8	1,9	2,34	6,1	8,4
7.	Сульфаты	149,0	180,0	174,0	115,0	124,0	110,0
8.	Хлориды	294,0	458,0	393,0	454,0	502,0	507,0
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,59	0,85	0,87	1,39	0,48	0,52
10.	Азот нитритный	0,055	0,04	0,038	0,05	0,038	0,08
11.	Железо	0,81	0,6	0,73	0,78	0,26	0,73
12.	Медь	0,0025	0,003	0,0028	0,005	0,005	0,003
13.	Цинк	0	0	0	0	0	0
14.	Алюминий	0	0	0,005	0,036	0	0,005
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,18	0,3	0,27	0,23	0,32	0,19
16.	Фенолы	0,0005	0,00017	0,0006	0,0007	0,0004	0,00054

**Качество вод Саратовского водохранилища
(2002 г.)**

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	4,33	2,56	1,73	1,75	2,07	1,74
2.	Взвешенные вещества	4,0	1,0	1,2	1,0	1,1	4,7
3.	Сухой остаток	340,0	326,0	305,0	290,0	273,0	270,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	0,058	0,062	0,06	0,051	0,042	0,04
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,009	0,008	0,01	0,011	0,01	0,008
6.	Азот нитратный	0,26	0,19	0,08	0,15	0,48	0,14
7.	Сульфаты	79,8	83,2	72,5	69,5	70,1	71,8
8.	Хлориды	25,4	22,3	28,3	18,4	13,6	15,9
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,08	0,14	0,11	0,13	0,07	0,11
10.	Азот нитритный	0,007	0,005	0,017	0,023	0,018	0,015
11.	Железо	0,082	0,075	0,069	0,085	0,083	0,076
12.	Медь	0,001	0,003	0,002	0,004	0,001	0,002
13.	Цинк	0,006	0,005	0,004	0,007	0,007	0,007
14.	Алюминий	0,003	0,004	0,002	0,005	0,003	0,004
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,11	0,45	0,12	0,087	0,06	0,02
16.	Фенолы	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	4,52	1,81	1,61	1,22	1,7	1,94
2.	Взвешенные вещества	15,7	6,5	4,6	3,6	7,8	1,8
3.	Сухой остаток	284,0	291,0	296,0	300,0	286,0	312,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	0,051	0,055	0,049	0,057	0,068	0,063
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,01	0,009	0,006	0,005	0,004	0,006
6.	Азот нитратный	0,03	0,23	0,09	0,14	0,19	0,25
7.	Сульфаты	54,3	58,4	55,8	60,0	69,2	72,0
8.	Хлориды	52,0	42,4	39,8	31,9	24,8	25,9
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,09	0,082	0,064	0,07	0,04	0,04
10.	Азот нитритный	0,015	0,018	0,017	0,016	0,017	0,015
11.	Железо	0,11	0,116	0,091	0,08	0,1	0,16
12.	Медь	0,002	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004
13.	Цинк	0,003	0,015	0,018	0,013	0,006	0,01
14.	Алюминий	0,003	0,002	0,003	0,005	0,004	0,003
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,01	0,03	0,05	0,11	0,07	0,09
16.	Фенолы	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001

**Качество вод Саратовского водохранилища
(2003 г.)**

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	1,33	1,0	1,75	2,07	1,43	2,72
2.	Взвешенные вещества	1,3	2,3	1,8	1,7	1,0	1,3
3.	Сухой остаток	326,0	300,0	334,0	570,0	400,0	350,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	0,057	0,051	0,059	0,08	0,07	0,04
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,01	0,008	0,009	0,006	0,007	0,012
6.	Азот нитратный	0,51	0,4	0,16	0,99	0,81	0,06
7.	Сульфаты	70,1	83,2	80,7	90,3	88,3	58,1
8.	Хлориды	27,3	29,3	37,6	28,4	40,8	36,1
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,14	0,04	0,098	0,21	0,11	0,22
10.	Азот нитритный	0,011	0,005	0,008	0,003	0,007	0,012
11.	Железо	0,1	0,1	0,02	0,09	0,16	0,05
12.	Медь	0,001	0,002	0,004	0,003	0,002	0,001
13.	Цинк	0,003	0,017	0,014	0,007	0,008	0,004
14.	Алюминий	0,003	0,009	0,021	0,018	0,004	0,011
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,141	0,13	0,095	0,11	0,08	0,099
16.	Фенолы	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002

№ п/п	Наименование вещества	Средняя концентрация по месяцам, мг/л					
		Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Общие показатели							
1.	БПК _{полн}	2,92	4,46	1,2	3,13	2,0	1,28
2.	Взвешенные вещества	6,5	4,1	1,8	1,6	1,5	1,7
3.	Сухой остаток	260,0	240,0	320,0	210,0	220,0	248,0
Вещества санитарного ЛПВ							
4.	Фосфаты	0,06	0,07	0,05	0,074	0,08	0,06
Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ							
5.	СПАВ (анионактивный)	0,02	0,01	0,012	0,011	0,009	0,01
6.	Азот нитратный	0,28	0,16	0,31	0,3	0,25	0,2
7.	Сульфаты	46,5	57,6	52,5	84,1	77,4	83,3
8.	Хлориды	26,9	23,4	22,6	19,5	22,0	22,7
Вещества токсикологического ЛПВ							
9.	Азот аммонийный	0,12	0,18	0,21	0,08	0,09	0,06
10.	Азот нитритный	0,021	0,013	0,007	0,01	0,006	0,01
11.	Железо	0,1	0,1	0,12	0,05	0,08	0,08
12.	Медь	0,004	0,007	0,003	0,006	0,005	0,003
13.	Цинк	0,02	0,03	0,01	0,006	0,007	0,007
14.	Алюминий	0,01	0,01	0,016	0,016	0,016	0,008
Вещества рыбохозяйственного ЛПВ							
15.	Нефтепродукты	0,08	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01
16.	Фенолы	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по действующей методике
(с учетом аддитивного действия веществ)
Источник № 1**

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	7,9	94 430	6,0	71 719
Взвешенные вещества	11,5	137 461	5,8	69 328
Сухой остаток	552,0	6 598 139	8157,9/552,0	6 598 139
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	2,92	34 903	1,51	18 049
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,06	717	0,025	299
Азот нитратный	12,4	148 219	5,08	60 722
Сульфаты	111,0	1 326 800	45,5	543 868
Хлориды	85,0	1 016 018	34,9	417 165
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	0,34	4064	0,04	541
Азот нитритный	0,015	179	0,002	24
Железо	0,31	3706	0,04	478
Медь	0,0015	18	0,0002	2,4
Цинк	0,010	120	0,0012	14
Алюминий	0,042	502	0,0051	61
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,06	717	0,03	359
Фенол	0,001	12	0,0005	6

Примечание: перед чертой – расчетная предельно допустимая концентрация ($C_{пдс}$), за чертой – фактическая концентрация ($C_{св}$).

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по действующей методике
(без учета аддитивного действия веществ)
Источник № 1**

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	7,9	94 430	6,0	71 719
Взвешенные вещества	11,5	137 461	5,8	69 328
Сухой остаток	552,0	6 598 139	8157,9/552,0	6 598 139
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	2,92	34 903	1,51	18 049
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,06	717	0,980/0,06	717
Азот нитратный	12,4	148 219	98,57/12,4	148 219
Сульфаты	111,0	1 326 800	440,7/111,0	1 326 800
Хлориды	85,0	1 016 018	2 991,3/85,0	1 016 018
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	0,34	4064	3,02/0,34	4064
Азот нитритный	0,015	179	0,050/0,015	179
Железо	0,31	3706	0,10	1195
Медь	0,0015	18	0,001*	12
Цинк	0,010	120	0,010*	120
Алюминий	0,042	502	0,323/0,042	502
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,06	717	0,09/0,06	717
Фенол	0,001	12	0,001*	12

Примечание: перед чертой – расчетная предельно допустимая концентрация ($C_{ПДС}$), за чертой – фактическая концентрация ($C_{СВ}$); «*» – $C_{ПДС}$ принимаются на уровне рыбохозяйственных ПДК при значениях $C_{ФОН} > ПДК$.

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по действующей методике
(с учетом аддитивного действия веществ)
Источник № 2**

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	6,9	52 723	6,1	46 610
Взвешенные вещества	32,5	248 332	5,7	43 554
Сухой остаток	992,0	7 579 852	8157,9/992,0	7 579 852
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	2,10	16 046	1,56	11 920
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,06	459	0,025	191
Азот нитратный	18,1	138 302	5,08	38 816
Сульфаты	320,0	2 445 114	45,5	347 665
Хлориды	181,0	1 383 017	34,9	266 670
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	4,80	36 677	0,040	306
Азот нитритный	0,750	5731	0,002	15
Железо	1,30	9933	0,04	306
Медь	0,015	115	0,0002	1,5
Цинк	0,040	306	0,0012	9,2
Алюминий	0,050	382	0,0050	38
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,08	611	0,03	229
Фенол	0,002	15	0,0005	3,8

Примечание: перед чертой – расчетная предельно допустимая концентрация ($C_{пдс}$), за чертой – фактическая концентрация ($C_{св}$).

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по действующей методике
(без учета аддитивного действия веществ)
Источник № 2**

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	6,9	52 723	6,1	46 610
Взвешенные вещества	32,5	248 332	5,7	43 554
Сухой остаток	992,0	7 579 852	8157,9/992,0	7 579 852
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	2,10	16 046	1,56	11 920
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,06	458	1,01/0,06	458
Азот нитратный	18,1	138 302	101,4/18,1	138 302
Сульфаты	320,0	2 445 114	451,5/320,0	2 445 114
Хлориды	181,0	1 383 017	3 076,5/181,0	1 383 017
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	4,80	36 677	3,10	23 687
Азот нитритный	0,750	5731	0,051	390
Железо	1,30	9933	0,10	764
Медь	0,015	115	0,001*	7,6
Цинк	0,040	306	0,01*	76,4
Алюминий	0,050	382	0,332/0,05	382
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,08	611	0,092/0,08	611
Фенол	0,002	15	0,001*	7,6

Примечание: перед чертой – расчетная предельно допустимая концентрация ($C_{ПДС}$), за чертой – фактическая концентрация ($C_{СВ}$); «*» – $C_{ПДС}$ принимаются на уровне рыбохозяйственных ПДК при значениях $C_{ФОН} > ПДК$.

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по действующей методике
(с учетом аддитивного действия веществ)
Источник № 3**

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	7,7	20 101	6,5	16 968
Взвешенные вещества	21,0	54 821	5,9	15 402
Сухой остаток	1747,0	4 560 614	9205,7/1747,0	4 560 613
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	3,97	10 364	1,71	4464
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,05	131	0,025	65
Азот нитратный	21,7	56 649	5,08	13 262
Сульфаты	256,0	668 298	45,5	118 780
Хлориды	574,0	1 498 450	34,9	91 108
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	1,70	4438	0,04	104
Азот нитритный	0,130	339	0,002	5,2
Железо	0,81	2115	0,04	104
Медь	0,010	26	0,0002	0,5
Цинк	0,009	24	0,0012	3,1
Алюминий	0,070	183	0,0051	13
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,67	1749	0,03	78
Фенол	0,002	5	0,0005	1,3

Примечание: перед чертой – расчетная предельно допустимая концентрация ($C_{пдс}$), за чертой – фактическая концентрация ($C_{св}$).

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по действующей методике
(без учета аддитивного действия веществ)
Источник № 3**

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	7,7	20 101	6,5	16 968
Взвешенные вещества	21,0	54 821	5,9	15 402
Сухой остаток	1747,0	4 560 614	9205,7	24 031 480
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	3,97	10364	1,71	4464
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,05	131	1,11/0,05	26,1
Азот нитратный	21,7	56 649	111,7/21,7	10 964
Сульфаты	256,0	668 298	490,6/256,0	130 003
Хлориды	574,0	1 498 450	3385,1/574,0	291 332
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	1,70	4438	3,40/1,70	141
Азот нитритный	0,130	339	0,051	10,4
Железо	0,81	2115	0,10	67,9
Медь	0,010	26	0,001*	0,8
Цинк	0,009	24	0,01*/0,009	0,8
Алюминий	0,070	183	0,365/0,07	5,2
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,67	1749	0,096	104,4
Фенол	0,002	5	0,001*	0,26

Примечание: перед чертой – расчетная предельно допустимая концентрация ($C_{ПДС}$), за чертой – фактическая концентрация ($C_{СВ}$); «*» – $C_{ПДС}$ принимаются на уровне рыбохозяйственных ПДК при значениях $C_{ФОН} > ПДК$.

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по новой методике**

Источник № 1

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	7,9	94 430	4,9	56 180
Взвешенные вещества	11,5	137 461	4,8	57 375
Сухой остаток	552,0	6 598 139	504,3	6 027 974
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	2,92	34 903	0,17	2032
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,06	717	0,043	513
Азот нитратный	12,4	148219	0,76	9084
Сульфаты	111,0	1326800	113,8	1 360 268
Хлориды	85,0	1016018	67,2	803 252
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	0,34	4064	0,43	5140
Азот нитритный	0,015	179	0,047	562
Железо	0,31	3706	0,201	2403
Медь	0,0015	18	0,015	180
Цинк	0,010	120	0,069	825
Алюминий	0,042	502	0,042	502
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,06	717	0,107	1279
Фенол	0,001	12	0,009	109

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по новой методике**

Источник № 2

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	6,9	52 723	4,8	36 677
Взвешенные вещества	32,5	248 332	4,9	37 441
Сухой остаток	992,0	7 579 852	511,0	3 904 551
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	2,10	16 046	0,17	1299
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,06	459	0,044	336
Азот нитратный	18,1	138 302	0,77	5884
Сульфаты	320,0	2 445 114	115,3	881 007
Хлориды	181,0	1 383 017	68,2	521 116
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	4,80	36 677	0,44	3662
Азот нитритный	0,750	5731	0,048	367
Железо	1,30	9933	0,204	1559
Медь	0,015	115	0,0154	118
Цинк	0,040	306	0,070	535
Алюминий	0,050	382	0,043	329
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,08	611	0,109	833
Фенол	0,002	15	0,002	70

**Нормативы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ
по новой методике**

Источник № 3

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, мг/л	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, мг/л	Предельно допустимый сброс, г/час
<i>Общие показатели</i>				
БПК _{полн}	7,7	20 101	5,0	13 053
Взвешенные вещества	21,0	54 821	5,1	13 314
Сухой остаток	1747,0	4 560 614	535,4	1 397 662
<i>Вещества санитарного ЛПВ</i>				
Фосфаты	3,97	10 364	0,19	496
<i>Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ</i>				
СПАВ анионактивный	0,05	131	0,048	125
Азот нитратный	21,7	56 649	0,83	2167
Сульфаты	256,0	668 298	120,8	315 348
Хлориды	574,0	1 498 450	72,0	187 956
<i>Вещества токсикологического ЛПВ</i>				
Азот аммонийный	1,70	4438	0,48	1253
Азот нитритный	0,130	339	0,052	136
Железо	0,81	2115	0,216	564
Медь	0,010	26	0,017	43
Цинк	0,009	24	0,076	198
Алюминий	0,070	183	0,047	123
<i>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</i>				
Нефтепродукты	0,67	1749	0,12	303
Фенол	0,002	5	0,010	26