

**УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*На правах рукописи*

**СЕЛЕЗНЕВА Александра Васильевна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ СБРОСА  
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ  
(на примере Саратовского водохранилища)**

**Специальность 25.00.36 - геоэкология**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

*А. Селезнева*

**Ульяновск - 2005**

Работа выполнена в Институте экологии Волжского бассейна РАН

Научный руководитель: член-корреспондент РАН,  
доктор биологических наук, профессор  
Розенберг Геннадий Самуилович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Кобзарь Иван Григорьевич  
доктор технических наук, профессор  
Гвоздев Владимир Ефимович

Ведущая организация: Институт водных проблем РАН

Защита диссертации состоится « 26 » августа 2005 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета КР 212.278.31 при Ульяновском государственном университете по адресу: 432970, г.Ульяновск, Набережная реки Свияга, 40, корп. 1, ауд. 703.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ульяновского государственного университета.

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 432970, г.Ульяновск, ул.Л.Толстого, 42.

Автореферат разослан « 25 » ИЮЛЯ 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Пантелеев С. В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. 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 - поступление в водные объекты загрязняющих веществ от точечных источников загрязнения. Перегруженность водных объектов загрязняющими веществами в составе сточных вод убедительно доказывает, что действующая система нормирования антропогенного воздействия малоэффективна, не ориентирована на поэтапное сокращение сброса загрязняющих веществ и не в полной мере соответствует действующему водному законодательству (Федеральный закон ..., 1992; Водный кодекс, 1996). В частности, при определении нормативов предельно допустимого сброса не учитываются природно-климатические особенности водотоков и водоемов, также величина антропогенной нагрузки на водные объекты.

Цель настоящей работы - совершенствование методики расчета нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) и лимитов временно согласованного сброса (ВСС) загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами, на основе мониторинга антропогенного воздействия.

Для достижения поставленной цели была осуществлена постановка и решение следующих задач:

1. Оценка антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения на водотоки, характеризующиеся широким диапазоном водного стока и различными условиями формирования качества вод.

2. Характеристика точечных источников загрязнения, расположенных на территории г.Тольятти и осуществляющих сброс сточных вод в Саратовское водохранилище.

3. Изучение изменчивости качества вод Саратовского водохранилища по данным многолетних наблюдений для расчета региональных предельно допустимых концентраций (ПДК).

4. Определение кратности разбавления сточных вод по данным натурных наблюдений в районе сброса сточных вод г.Тольятти.

5. Разработка экспериментальной методики расчета нормативов предельно допустимого сброса загрязняющих веществ в водные объекты на основе данных фоновых и локального мониторинга.

6. Апробация экспериментальной методики на водопользователях г.Тольятти.

Использованные материалы. В работе использованы материалы стационарных и экспедиционных наблюдений, проведенных лабораторией прикладной

экологии ИЭВБ РАН на Саратовском водохранилище в период 1995-2004 гг., данные отделов охраны окружающей среды ОАО «АВТОВАЗ», ОАО «Тольяттикаучук», ОАО «Тольяттиазот».

**Научная новизна работы.** Разработан новый методологический подход к нормированию сброса загрязняющих веществ, который опирается на всесторонний анализ антропогенной нагрузки и данных фоновой и локального мониторинга качества водотоков и водоемов.

Выполнена оценка и сравнительный анализ антропогенной нагрузки на реки России с широким диапазоном водного стока от точечных источников загрязнения. Исследована сезонная изменчивость качества вод Саратовского водохранилища и предложен способ определения региональных предельно допустимых концентраций (РПДК) для характерных веществ на основе фоновой мониторинга качества вод. Предложен способ определения кратности разбавления сточных вод по данным локального мониторинга с использованием автоматизированных средств контроля качества вод.

**Основные положения и результаты, выносимые на защиту:**

- 1). Оценка антропогенной нагрузки на различные водные объекты от точечных источников загрязнения.
- 2). Ранжирование точечных источников загрязнения по степени воздействия на качество вод водохранилищ.
- 3). Региональные нормы качества воды Саратовского водохранилища.
- 4). Определение кратности разбавления сточных вод по данным локального мониторинга качества вод водохранилища.
- 5). Экспериментальная методика расчета нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) и лимитов временно согласованного сброса (ВСС) веществ, поступающих в водохранилища со сточными водами.

**Практическая значимость работы** Исследования выполнялись в соответствии с планами научно-исследовательских работ ИЭВБ РАН в рамках программ отделения Общей биологии Российской Академии наук. Часть работ выполнялась автором по планам хозяйственных работ, которые приняты Заказчиками с положительными оценками.

Материалы и результаты работы использованы при реализации Федеральных Целевых Программ: «Возрождение Волги» и «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 годы». Новые подходы автора использованы: при разработке мероприятий поэтапного снижения массы сброса загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами г. Тольятти в Саратовское водохранилище (заказчик - Главное управление природных ресурсов по Самарской области); при разработке нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) загрязняющих веществ в Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское водохранилища по заказу ОАО «АВТОВАЗ», ООО «Тольяттикаучук», ОАО «Тольяттиазот», МУУП «Саратовводоканал», «Саратовский нефтеперерабатывающий завод», ООО «Саратоворгсинтез»,

ОАО «Новокуйбышевские очистные сооружения».

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации представлены на 17 всероссийских и региональных конгрессах, конференциях, научных сессиях и научно-практических семинарах. В их числе: Международные конгрессы «Вода: экология и технология» (Москва, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004); Международные конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек» (Тольятти, 1993, 1998, 2003); Всероссийская научно-практическая конференция «Экосистемный подход к управлению водными ресурсами в бассейне рек» (Екатеринбург, 1994); Вторая международная специализированная конференция по диффузному загрязнению (Брно, Прага, 1995); Международный симпозиум «Природные и социально-экономические последствия разработки и управления водными ресурсами» (Москва, 1995); Всероссийская конференция «Бассейн реки: эколого-водохозяйственные проблемы рационального водопользования» (Екатеринбург, 1996); Всероссийская конференция «Управление устойчивым водопользованием» (Москва, 1997); Российская научно-практическая конференция, посвященная 200-летию Саратовской губернии (Саратов, 1997); Международная конференция «Международные и национальные аспекты экологического мониторинга» (Санкт-Петербург, 1997); Международная конференция «Природное наследие России: изучение, мониторинг, охрана» (Тольятти, 2004); Восьмой международный симпозиум «Чистая вода России» (Екатеринбург, 2005); научный семинар лаборатории прикладной экологии ИЭВБ РАН (Тольятти, 2005). По результатам работы опубликовано 20 статей.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст изложен на 150 страницах, включая 38 таблиц, 16 рисунков и список литературы, состоящий из 155 источников, в том числе 30 иностранных.

Личный вклад автора. Автор разрабатывал новые подходы к нормированию сброса загрязняющих веществ в водные объекты, организовывал и принимал непосредственное участие в экспедиционных работах в 2000–2004 годах на Саратовском и Куйбышевском водохранилищах, осуществлял методическое обеспечение проведения анализов проб воды в Испытательной лаборатории ИЭВБ РАН. Автор координировал сбор и осуществлял анализ материалов, характеризующих водоотведение в г.Тольятти, а также проводил обработку и обобщение полученных результатов по нормированию сброса загрязняющих веществ в Саратовское водохранилище.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, излагаются цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность работы.

## ГЛАВА 1. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОТОКИ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Антропогенная нагрузка на водотоки от сброса сточных вод постоянно увеличивается, что обусловлено ростом населения и характерными для нашего времени процессами урбанизации, то есть сосредоточением населения и экономической жизни в городах.

Сосредоточение в городах значительного промышленного потенциала и постоянная концентрация населения привели к тому, что городские агломерации превратились в крупные источники загрязнения водных объектов. В России городское население только за период 1950-1990 гг. увеличилось с 48% до 75%. Городская территория России занимает всего 0,3% площади страны, на которой расположены основные точечные источники загрязнения (сбросы сточных вод в водные объекты). Поэтому на территории больших городов возникают основные проблемы водного хозяйства. Наиболее интенсивно процессы урбанизации протекают в Волжском бассейне, где городское население проживает более чем в 600 городах (50% всех городов России).

Существует большое количество подходов к оценке нагрузки на водотоки от сброса сточных вод. Чаще всего «под нагрузкой» понимается масса загрязняющих веществ, поступающих в водотоки от точечных и диффузных источников загрязнения. При таком подходе невозможно провести сравнительный анализ нагрузки на реки, характеризующиеся различным водным стоком.

В данной работе антропогенная нагрузка на реки рассматривается, во-первых, как нагрузка сточными водами, а во-вторых, как нагрузка загрязняющими веществами. Нагрузка реки сточными водами - это величина, характеризующая отношение объема сточных вод, сбрасываемых в бассейн реки, к стоку реки в этом створе. Нагрузку реки сточными водами ( $N$ ) представим в следующем виде:

$$N = q / Q \cdot 100, \quad (1)$$

где  $N$  - нагрузка сточными водами, %; ( $q$ ) - объем сточных вод, сбрасываемых в бассейн реки,  $\text{км}^3/\text{год}$ ;  $Q$  - водный сток реки  $\text{км}^3/\text{год}$ .грузка сточными водами является необходимой, но недостаточной характеристикой антропогенной нагрузки.

Имея сведения о массе вещества, содержащегося в сточных водах ( $m_1$ ), представляется возможным рассчитать нагрузку загрязняющим веществом на реку. Нагрузка определяется как отношение массы загрязняющего вещества в составе сточных вод к водному стоку реки:

$$d_1 = m_1 / Q, \quad (2)$$

где  $d_i$  - нагрузка загрязняющим веществом,  $\text{т/км}^3$ ;  $m_i$  - масса  $i$ -ого загрязняющего вещества, поступающего в водоток в составе сточной воды,  $\text{т/год}$ .

При таком подходе удастся разложить нагрузку 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 предлагается использовать суммарную нагрузку ( $D$ ) загрязняющими веществами, которую представим в следующем виде:

$$D = \sum_{i=1}^p d_i, \quad (3)$$

где  $i = 1, 2 \dots p$  - определенные загрязняющие вещества в сточных водах.

Наиболее универсальной характеристикой антропогенной нагрузки является нормированная нагрузка загрязняющим веществом ( $k_i$ ), которую представим в следующем виде:

$$k_i = (d_i / C_{\text{фон}i}) / 1000, \quad (4)$$

где  $C_{\text{фон}i}$  - фоновая концентрация  $i$ -того вещества,  $\text{мг/л}$ .

Суммарную нормированную нагрузку загрязняющими веществами ( $K$ ) представим в следующем виде:

$$K = \sum_{i=1}^p k_i \quad (5)$$

В качестве объектов исследования выбраны 12 рек России с широким диапазоном водного стока и объемов принимаемых сточных вод (табл. 1)., Наибольший водный сток имеет река Енисей ( $630 \text{ км}^3/\text{год}$ ), а наименьший - река Урал ( $10 \text{ км}^3/\text{год}$ ). Для удобства анализа реки разбиты на три группы. В первую группу входят реки с водным стоком более  $200 \text{ км}^3/\text{год}$ , во вторую - более  $75 \text{ км}^3/\text{год}$  и в третью - более  $10 \text{ км}^3/\text{год}$ . Из 12 рек (рис.1) больше всего сточных вод принимает река Волга ( $18,05 \text{ км}^3/\text{год}$ ), а меньше всего - река Колыма ( $0,09 \text{ км}^3/\text{год}$ ).

Проведенные расчеты по формулам (1-5) показывают, что наибольшую нагрузку сточными водами ( $N$ ) испытывают реки с водным стоком более  $10 \text{ км}^3/\text{год}$  (Дон, Кубань, Урал и Терек), для которых  $N$  превышает 15 % (рис. 2). Для рек первой ( $>200 \text{ км}^3/\text{год}$ ) и второй ( $>75 \text{ км}^3/\text{год}$ ) группы нагрузка сточными водами незначительна (1-2 %), исключение составляет река Волга, которая занимает по нагрузке 5 место из 12 рек. В своей группе река Волга испытывает наибольшую нагрузку сточными водами, которая составляет 7,1%. Нагрузка на Волгу превышает нагрузку на Обь - в 4,2 раза, на Енисей - в 14,2 раза, на Лену - в 355 раз.

Из 12 исследуемых рек наибольшую суммарную нагрузку загрязняющими веществами (D) испытывают реки Терек (105071,9 т/км<sup>3</sup>), Дон (27825,7 т/км<sup>3</sup>) и Волга (12519,5 т/км<sup>3</sup>). Перемещение Волги с 5 на 3 место свидетельствует, что содержание загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в Волгу, значительно больше, чем в сточных водах, сбрасываемых в реки Урал и Кубань. Для Волги нагрузка загрязняющими веществами больше в 8,8 раза, чем на Обь, в 17,0 раз, чем на Енисей и в 1763 раза, чем на Лену.

Нормированная нагрузка загрязняющими веществами (K) на Волгу больше в 10,3 раза, чем на Обь; в 52,7 раз, чем на Енисей; в 1405 раза, чем на Лену. По данной нагрузке Волга занимает первое место (4886,6), что свидетельствует о повышенной токсичности сточных вод, поступающих в волжский бассейн.

**Таблица 1.** Антропогенная нагрузка на реки России

№ п/п	Название реки	Q, км <sup>3</sup> /год	q, км <sup>3</sup> /год	N, %	D, т/км <sup>3</sup>	K
<b>Реки с годовым водным стоком &gt; 200 км<sup>3</sup>/год</b>						
1	Волга	254,0	18,05	7,1	12519,5	4886,6
2	Обь	404,0	6,72	1,7	1417,9	475,8
3	Енисей	630,0	3,15	0,5	737,9	92,6
4	Лена	532,0	0,117	0,02	7,1	3,5
<b>Реки с годовым водным стоком &gt; 75 км<sup>3</sup>/год</b>						
5	С. Двина	109,0	0,926	0,80	1070,1	329,6
6	Нева	78,5	0,679	0,90	861,5	669,9
7	Печора	130,0	0,467	0,40	235,4	28,0
8	Колыма	128,0	0,091	0,07	13,8	10,3
<b>Реки с годовым стоком &gt; 10 км<sup>3</sup>/год</b>						
9	Дон	28,1	4,40	15,7	27825,7	1648,8
10	Кубань	13,5	3,09	22,9	6447,0	940,3
11	Урал	10,1	1,90	18,8	7195,0	1348,7
12	Терек	11,0	1,87	17,0	105071,9	2137,3

Предложенный способ позволяет ранжировать водотоки по величине антропогенной нагрузки с определением приоритетных загрязняющих веществ и оптимизировать программы водоохраных мероприятий, направленные на снижение сброса загрязняющих веществ в водотоки.

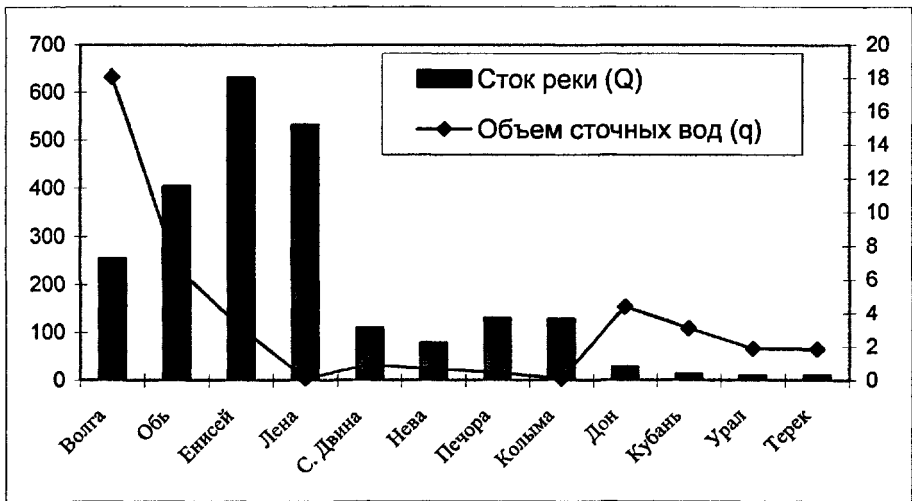


Рис. 1. Водный сток рек и объем принимаемых сточных вод (км³/год)

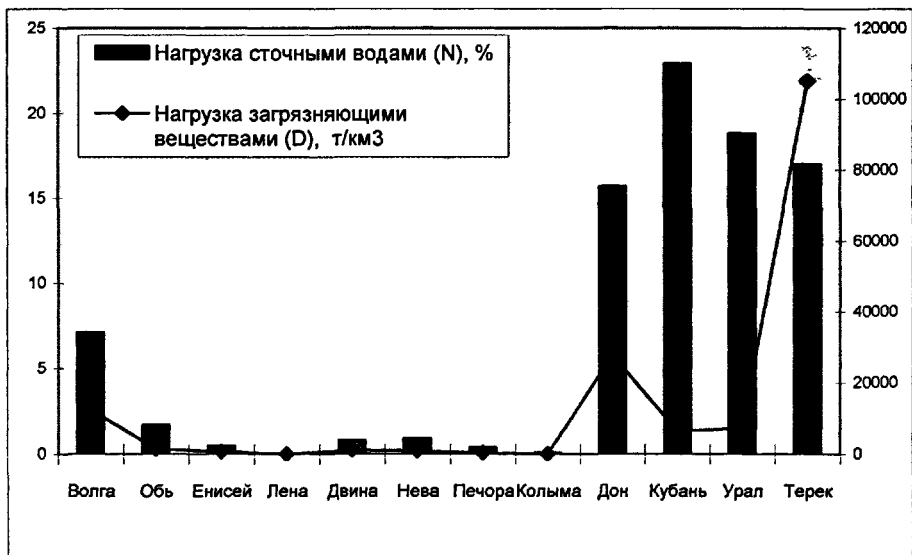


Рис. 2. Нагрузка сточными водами и загрязняющими веществами на реки

## ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИТИКА ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД Г.ТОЛЬЯТТИ)

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:

$$w_i = (C_{св_i} / C_{фон_i}) - 1 \quad (6)$$

где  $C_{св_i}$  — концентрация  $i$ -ого вещества в сточной воде, мг/л;  $C_{фон_i}$  - фоновая концентрация  $i$ -ого вещества в воде водного объекта, мг/л.

Суммарный показатель вредного воздействия точечного источника загрязнения ( $W$ ) представим в следующем виде:

$$W = \sum_{i=1}^p w_i, \quad (7)$$

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

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

Точечный источник загрязнения № 1 - хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Автозаводского района г.Тольятти после биологических очистных сооружений ОАО «АвтоВАЗ».

Источник № 2 - объединенные сточные воды после насосной станции № 3, включающие:

- хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Комсомольского района г.Тольятти после биологических очистных сооружений ОАО «Тольяттиазот»;

- хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Центрального района г.Тольятти после биологических очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук» (30%);

- неочищенные ливневые и промышленные сточные воды Центрального района г. Тольятти после насосной № 1.

Источник загрязнения № 3 - хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды Центрального района г.Тольятти после биологических очистных сооруже-

ний ООО «Тольяттикаучук» (70%).

Сточные воды г.Тольятти сбрасываются через три рассеивающих выпуска в Саратовское водохранилище в районе п. Федоровка (рис.3). По объему сброса сточных вод наибольшую значимость представляет источник № 1 (54 % сточных вод), затем источник № 2 (34 %) и источник № 3 (12 %).

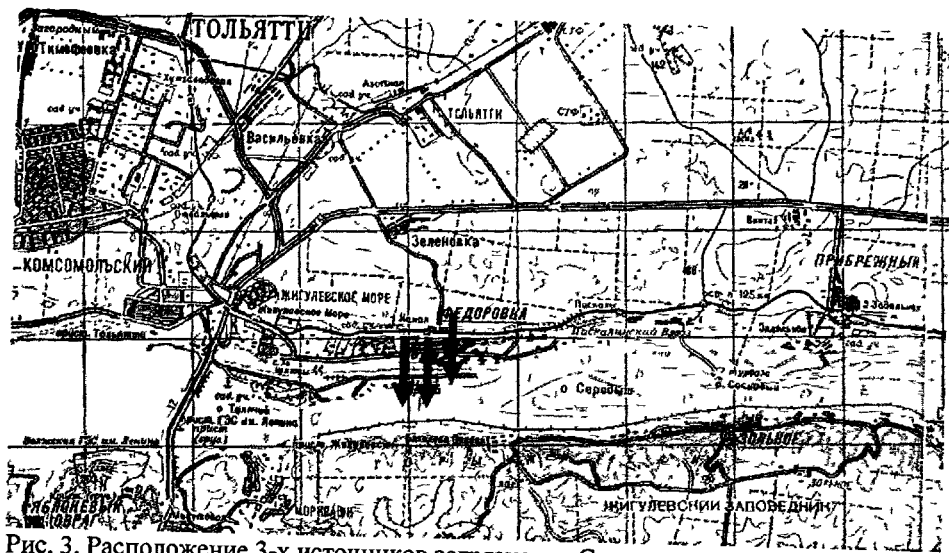


Рис. 3. Расположение 3-х источников загрязнения Саратовского водохранилища

В качестве исходной информации для расчета показателей вредного воздействия по формулам 6 и 7 для трех источников загрязнения использованы данные анализов природных и сточных вод, полученные Испытательной лабораторией ИЭВБ РАН.

Результаты расчета показателей вредного воздействия 3-х источников загрязнения представлены в табл. 2. Наиболее сильно сточные воды загрязнены у источника № 1 азотом нитратным (61,00) и фосфатами (47,67), у источника № 2 - азотом нитратным (89,00), азотом нитритным (52,57), азотом аммонийным (47,00) и фосфатами (34,00), у источника № 3 - азотом нитратным (107,50) и фосфатами (65,17).

Суммарный показатель вредного воздействия (W) составил: для источника № 1 – 120, для источника № 2 – 270, для источника № 3 – 249. Из трех точечных источников г. Тольятти наиболее вредное воздействие оказывает источник № 2 - объединенные сточные воды после насосной станции № 3. Этот источник загрязнения Саратовского водохранилища содержит неочищенные ливневые и промышленные сточные воды Центрального района после насосной № 1.

Таблица 2. Показатели ВВ для трех точечных источников загрязнения

№ п/п	Показатель	w <sub>i</sub>		
		Источник № 1	Источник № 2	Источник № 3
1	БПК <sub>пол</sub>	2,16	1,76	2,08
2	Взвешенные вещества	1,13	5,02	2,89
3	Сухой остаток	1,04	2,66	5,45
4	Фосфаты	47,67	34,00	65,17
5	СПАВ	5,00	5,00	4,00
6	Азот нитратный	61,00	89,00	107,50
7	Сульфаты	0,80	4,19	3,16
8	Хлориды	1,79	4,93	17,82
9	Азот аммонийный	2,40	47,00	16,00
10	Азот нитритный	0,07	52,57	8,29
11	Железо общее	2,44	13,44	8,00
12	Медь	- 0,62	2,75	1,50
13	Цинк	- 0,23	2,08	- 0,31
14	Алюминий	3,67	4,56	6,78
15	Нефтепродукты	0,50	1,00	0,75
16	Фенол	- 0,67	- 0,34	- 0,34
	<b>W</b>	<b>120</b>	<b>270</b>	<b>249</b>

Примечание: при отрицательных значениях w<sub>i</sub> вредное воздействие отсутствует и в расчет суммарного показателя ВВ не принимается.

Предложенный подход позволяет ранжировать все точечные источники по степени вредного воздействия и способствует определению долевого участия каждого источника в общее загрязнение водного объекта.

### ГЛАВА 3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ВОДНОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

В настоящее время при нормировании сброса загрязняющих веществ в Саратовское водохранилище используются рыбохозяйственные ПДК, которые одинаковы для всей территории России. На взгляд автора для ряда веществ, характеризующих современное фоновое состояние водоемов, ПДК должны быть региональными и учитывать различные особенности формирования качества вод водных объектов.

Концепция региональных ПДК основывается на принципе сохранения существующего фона с последующим поэтапным приближением к естественному со-

стоянию водного объекта. За региональную предельно допустимую концентрацию вещества (РПДК) принимается верхняя граница возможных средних значений концентраций этого вещества, рассчитанная по данным мониторинга водного объекта:

$$C_{\text{РПДК}} = C_{\text{ФОН}} + \delta_{(C_{\text{ФОН}})} * t_{St} / n^{1/2}, \quad (8)$$

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

Фоновые концентрации химических веществ ( $C_{\text{ФОН}}$ ) рассчитываются для определенного створа водного объекта и являются количественной характеристикой (среднее значение) 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.

Исходными данными для расчета  $C_{\text{РПДК}}$ ,  $C_{\text{ФОН}}$  и  $\delta_{(C_{\text{ФОН}})}$  по каждому веществу послужили данные систематических наблюдений на Саратовском водохранилище. Пункт наблюдений за качеством воды Саратовского водохранилища находится на правом берегу водоема, на территории государственного национального парка «Самарская лука», в двух километрах ниже по течению от створа Жигулевской ГЭС и является фоновым створом по отношению к точечным источникам г. Тольятти.

Наблюдения проводятся ежемесячно, начиная с 2000г. Отбор проб воды осуществляется с бетонной стенки на расстоянии 10-15 м от берега. Глубина в месте отбора проб составляет 4-6 м, горизонт наблюдений - 0,2-0,3 м. Непосредственно на месте отбора проб измеряется температура воды и фиксируется растворенный кислород. Вода разливается в полиэтиленовую и стеклянную тару и доставляется транспортом в лабораторию к месту химического анализа в течение 1-2 часов.

Исследование воды водохранилища осуществлялось в лаборатории прикладной экологии ИЭВБ РАН по 32 показателям. 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 четырех лет.

Данные, выбранные для расчета  $C_{\text{РПДК}}$  сводились по гидрологическим сезонам. Задача последующей обработки полученной информации заключается в выделении в каждом виде градаций наиболее неблагоприятного периода, т.е. периода, когда наблюдались наиболее высокие концентрации рассматриваемого вещества.

Полученные региональные ПДК существенно отличаются от действующих ПДК. По одним веществам, например фосфаты и азот аммонийный, рыбохозяйственные ПДК превышают региональные, а по другим веществам, например медь и

нефтепродукты, наблюдается обратная картина (рис.4). Введение РПДК позволяет учесть природно-климатические особенности водных объектов и исправить ситуацию, когда рыбохозяйственные ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин.

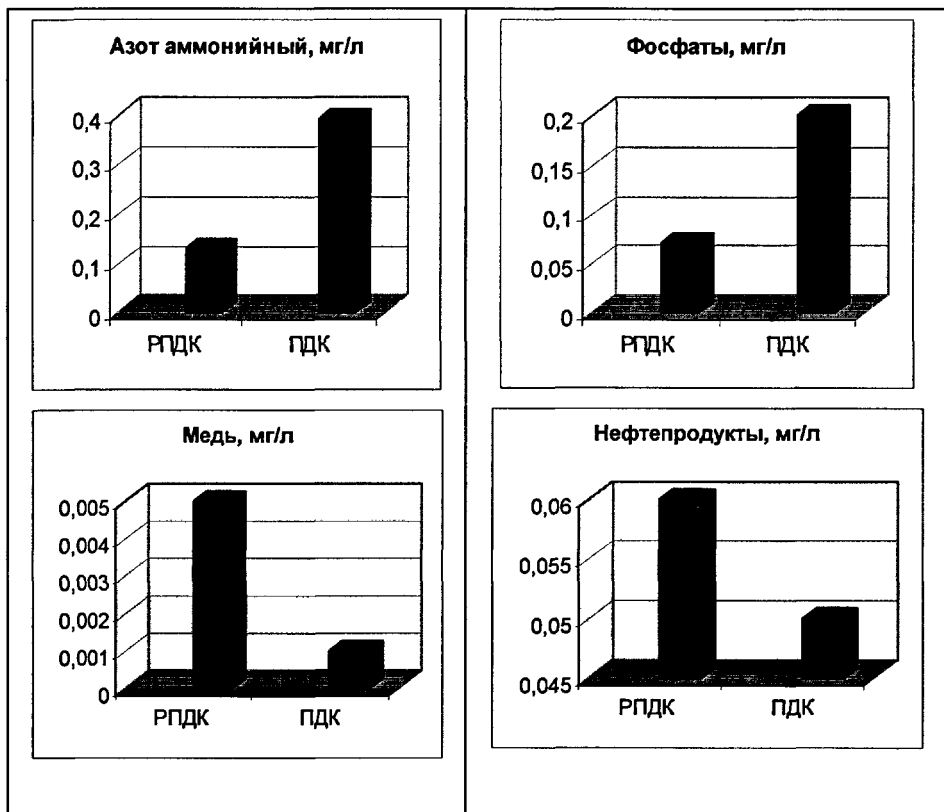


Рис. 4. Сравнение региональных и рыбохозяйственных ПДК

#### ГЛАВА 4. РАЗБАВЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ

Для оценки воздействия конкретного точечного источника загрязнения на качество воды водоема выбран участок Саратовского водохранилища протяженностью 16 км в районе сброса сточных вод г. Тольятти (рис.5).

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. Среднегодовой расход воды на исследуемом участке составляет 7310 м<sup>3</sup>/с, максимальный - 10100 м<sup>3</sup>/с, минимальный - 5270 м<sup>3</sup>/с.

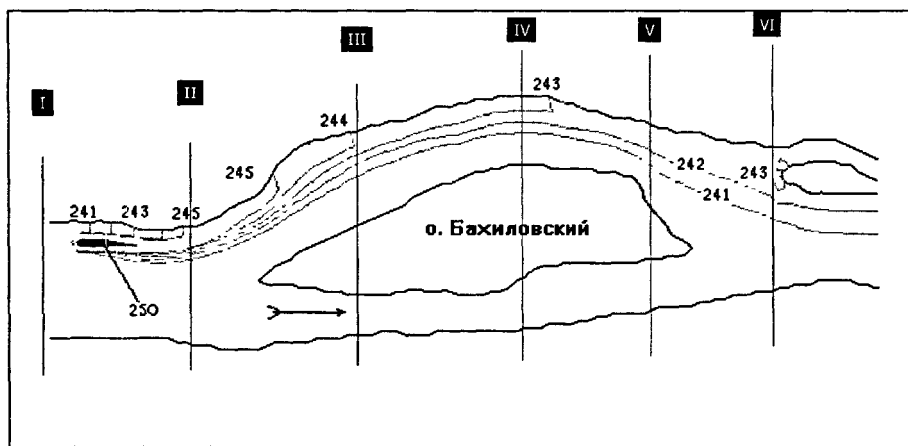


Рис. 5. Схема распространения сточных вод г. Тольятти, установленная по данным зондирования УЭП (мкСм/см<sup>2</sup>) на Саратовском водохранилище

Сброс сточных вод г. Тольятти осуществляется в мелководную часть водохранилища через рассеивающий выпуск на расстоянии 500 м от левого берега. Глубина в месте сброса сточных вод при нормальном подпорном уровне (НПУ) составляет 4-6 м. Средний годовой расход промышленных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод составляет 6-8 м<sup>3</sup>/с.

Сточные воды г. Тольятти 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.

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 условно 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 для определения пространственных неоднородностей качества вод, обусловленных воздействием источника загрязнения. С целью идентификации неоднородностей в каждом створе назначались вертикали для отбора проб воды на химический анализ. Зондирование водохранилища осуществлялось при помощи информационно-измерительных систем (ИИС) «Хитон» по следующим показателям качества вод: температура (Т), удельная электропроводность (УЭП), водородный показатель (рН), окислительно-восстановительный потенциал (Еh), растворенный кислород (O<sub>2</sub>), азот нитратный (NO<sub>3</sub>), азот аммонийный (NH<sub>4</sub>). ИИС «Хитон» обладает высокими метрологическими характеристиками. Информация от датчиков, помещенных в воду, через интерфейс передавалась на бортовой компьютер, где обрабатывалась и анализировалась для выделения зоны загрязнения.

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. 6 представлены результаты зондирования от правого к левому берегу Саратовского водохранилища по створу И. У левого берега водохранилища хорошо видны резкие изменения Т и УЭП, обусловленные воздействием сброса сточных вод. В момент зондирования сточные воды распространялись вниз по течению на 6-7 км вдоль левого берега водохранилища в виде струйного потока, ширина которого на различном удалении от источников загрязнения составляла 50-300м.

Предлагаемый автором метод позволяет определять границы и размеры зон воздействия точечных источников загрязнения и осуществлять их картирование. При таком подходе сокращается количество отбираемых проб воды на химический анализ, а оценка качества вод дается отдельно для фоновых районов и зон воздействия источников загрязнения.

Зондирование водохранилища в автоматическом режиме в сочетании с традиционным отбором проб воды на химический анализ позволяет определять кратность разбавления сточных вод, необходимую при расчете нормативов сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

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

$$N = (C_{\text{СВ}} - C_{\text{ФОН}}) / (C_{\text{Струи}} - C_{\text{ФОН}}), \quad (9)$$

где  $C_{\text{Струи}}$  - максимальная концентрация нормируемого вещества в контрольном створе;  $C_{\text{СВ}}$  - средняя концентрация вещества в сточных водах;  $C_{\text{ФОН}}$  - фоновая кон-

центрация вещества.

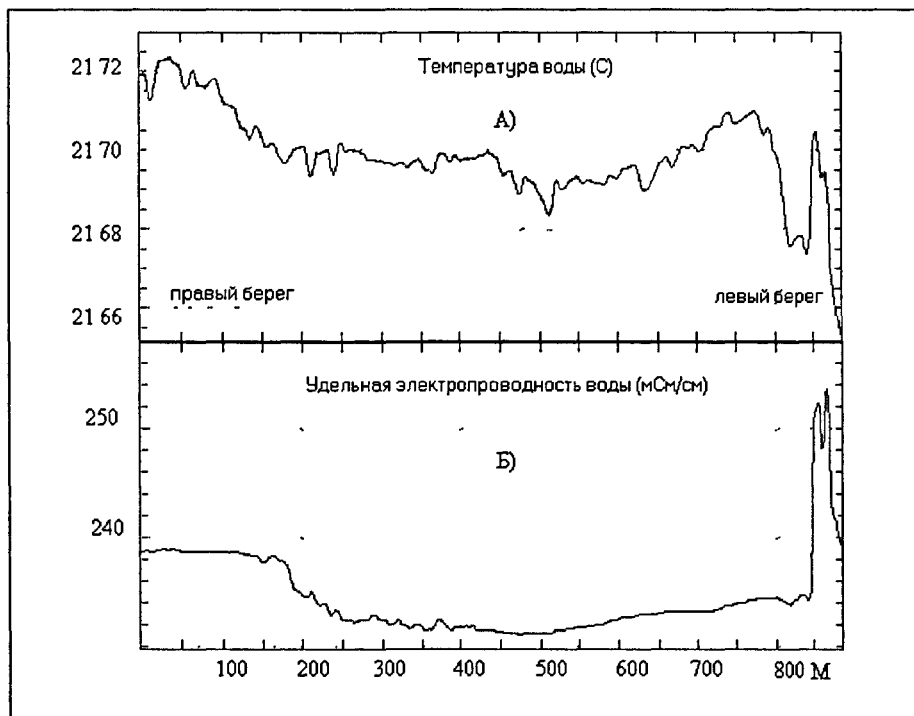


Рис. 6. Изменение температуры (А) и удельной электропроводности (Б) воды в створе II Саратовского водохранилища.

Для определения фоновой концентрации веществ ( $C_{\text{фон}}$ ) пробы воды на анализ отбирались в створе I, а для определения максимальной концентрации ( $C_{\text{струи}}$ ) отбирались в створе II, в струе загрязненных вод, обнаруженных методом зондирования. Кратность разбавления сточных вод, полученная на основе данных мониторинга, существенно отличается (в сторону увеличения) от кратности, полученной с использованием методов расчета по М.А. Руффелю.

## ГЛАВА 5. НОРМИРОВАНИЕ СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

В настоящее время при нормировании сброса загрязняющих веществ в водные объекты в качестве критерия используются предельно допустимые концентрации (ПДК) в водотоках и водоемах. Отличительной особенностью такого подхода

является единообразие для всей территории страны и постоянство во времени норм качества воды, зависящих только от вида водопользования. В результате не учитываются различные природно-географические, климатические и сезонные условия формирования состава и свойств воды водных объектов.

Поэтому автором предлагается использовать в качестве критерия нормирования загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами, региональные предельно допустимые концентрации (РПДК) веществ, полученные на основе данных мониторинга водных объектов. Если рыбохозяйственные ПДК определены по данным лабораторных экспериментов, то экологические РПДК получены по данным мониторинга и характеризуют естественное состояние конкретного водоема.

Нормативы ПДС для точечного источника загрязнения определяются как произведение расхода сточных вод на концентрацию в них загрязняющих веществ согласно формуле:

$$\text{ПДС} = q * C_{\text{пдс}} , \quad (10)$$

где  $q$  - средний расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;  $C_{\text{пдс}}$  - нормативная концентрация вещества в сточных водах,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

Величина  $C_{\text{пдс}}$ , входящая в формулу (10), определяется как

$$C_{\text{пдс}} = N * (C_{\text{рпдк}} - C_{\text{фон}}) + C_{\text{фон}} , \quad (11)$$

где  $C_{\text{рпдк}}$  — региональная предельно допустимая концентрация вещества в воде водного объекта,  $\text{мг}/\text{л}$ ;  $C_{\text{фон}}$  - фоновая концентрация вещества  $\text{мг}/\text{л}$ ;  $N$  - коэффициент кратности разбавления сточных вод определяется по формуле (9) исходя из данных локального мониторинга.

В данной работе выполнен расчет нормативов ПДС по действующей и экспериментальной методике применительно к сточным водам г. Тольятти, поступающим в Саратовское водохранилище (табл. 3). При нормировании сброса загрязняющих веществ учитывалось, что Саратовское водохранилище относится к водным объектам, имеющим рыбохозяйственное значение.

В связи с попытками отказаться от учета аддитивного действия веществ, относящихся к одинаковому лимитирующему показателю вредности (ЛПВ), расчеты по действующей методике выполнены по двум вариантам: с учетом (вариант 1) и без учета (вариант 2) аддитивного действия веществ. В экспериментальной методике аддитивное действие предполагается распространять только на вещества 1-го и 2-го классов опасности.

Таблица 3. Результаты расчетов по действующей и экспериментальной методикам (источник № 2)

Наименование вещества	Ссв	Действующая методика				Экспериментальная методика		
		ПДК	Сфон	Спдс вариант 1	Сгдс вариант 2	РПДК	Сфон	Сгдс
<b>Общие показатели</b>								
БПК пол	6,9	3,0	2,7	6,1	6,1	2,7	2,5	4,8
Вз. вещества	32,5	3,1	2,8	5,7	5,7	2,8	2,6	4,9
Сухой остаток	992	1000	292	8158	8158	292	271	511
<b>Санитарные показатели</b>								
Фосфаты	2,10	0,200	0,070	1,56	1,56	0,07	0,06	0,17
<b>Вещества санитарно – токсикологического ЛПВ</b>								
СПАВ	0,06	0,100	0,013	0,025	1,01	0,013	0,010	0,044
Нитраты (N)	18,1	9,1	0,25	5,08	101,4	0,25	0,20	0,77
Сульфаты	320	100	66	46	452	66	62	115
Хлориды	181	300	34	35	3077	34	31	68
<b>Вещества токсикологического ЛПВ</b>								
Аммоний (N)	4,80	0,39	0,13	0,040	3,10	0,13	0,10	0,44
Нитриты (N)	0,750	0,020	0,017	0,002	0,051	0,017	0,014	0,048
Железо	1,30	0,100	0,100	0,040	0,100	0,100	0,09	0,204
Медь	0,015	0,001	0,005	0,0002	0,001	0,005	0,004	0,015
Цинк	0,040	0,010	0,018	0,0012	0,010	0,018	0,013	0,070
Алюминий	0,050	0,040	0,012	0,0050	0,332	0,012	0,009	0,043
<b>Вещества рыбохозяйственного ЛПВ</b>								
Нефтепродукты	0,08	0,050	0,046	0,03	0,092	0,046	0,04	0,11
Фенол	0,002	0,001	0,004	0,0005	0,001	0,004	0,003	0,002

Результаты расчетов по действующей методике показывают, что при учете аддитивного действия предельно допустимые концентрации в сточных водах (С<sub>пдс</sub>) для веществ токсикологического и рыбохозяйственного ЛПВ получаются существенно меньше, чем фоновые концентрации веществ в воде Саратовского водохранилища. Применение столь «жесткого» нормирования сточных вод по азоту аммонийному (0,04 мг/л), азоту нитритному (0,002 мг/л), меди (0,0002 мг/л), цинку (0,0012 мг/л) алюминию (0,0051 мг/л) необоснованно с экологических и абсурдно с экономических позиций.

Наряду с этим, наибольшую тревогу вызывает «мягкое» нормирование сухого остатка и таких веществ как фосфаты и азот нитратный. Поступление двух последних веществ в водохранилище обуславливает «цветение» воды и способствует резкому ухудшению её качества. Столь высокая предельно допустимая концентрация фосфатов в сточных водах (1,51 мг/л) обусловлена тем, что данное вещество является единственным в санитарном ЛПВ. А высокая концентрация предельно допустимого сброса азота нитратного (5,08 мг/л) вызвана слишком большим значением ПДК (9,1 мг/л) рыбохозяйственного водоема. В тоже время установлено, что

отрицательное влияние азота нитратного на экологическое состояние и на качество вод начинается сказываться при более низких концентрациях.

Учитывая перечисленные недостатки, касающиеся «жесткого» 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 и позволит водопользователям практически неограниченно сбрасывать загрязняющие вещества в водные объекты. Например, концентрация предельно допустимого сброса в сточных водах г.Тольятти (источник № 2) может достигать по СПАВ - 1,01 мг/л, по азоту нитратному - **101,4** мг/л, по сульфатам - 452 мг/л, по хлоридам - 3077 мг/л (см.табл. 3).

В рамках экспериментальной 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 экспериментальной 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. В то время как по действующей методике лимиты ВСС не рассчитываются, а устанавливаются природоохранными службами на основе весьма условных критериев, что не исключает фактор субъективизма при установлении лимитов ВСС.

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

## **ВЫВОДЫ**

1). Водные объекты испытывают различную антропогенную нагрузку от точечных источников загрязнения. Предлагаемый подход позволяет распределить водные объекты по степени антропогенной нагрузки. Из 12 исследуемых рек России, Волга испытывает наибольшую нормированную нагрузку загрязняющими веществами (4887), что свидетельствует о высокой концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих в волжский бассейн.

2). Все источники загрязнения характеризуются различной степенью воздействия на водные объекты. Разработанный показатель вредного воздействия (ВВ) позволяет ранжировать все источники загрязнения в рамках административных (город, район, область) и природных (водосборный бассейн) образований. Для трех точечных источников, расположенных на территории г.Тольятти, определены показатели ВВ на Саратовское водохранилище. Установлено, что наиболее вредное воз-

действие ( $W=270$ ) оказывает источник загрязнения № 2 - это объединенные очищенные хозяйственно-бытовые и неочищенные промышленно-ливневые сточные воды Центрального района. Наиболее сильно указанные сточные воды загрязнены азотом нитратным ( $w_i = 89$ ), азотом нитритным ( $w_i = 53$ ), азотом аммонийным ( $w_i=47$ ) и фосфатами ( $w_i=34$ ). Столь высокие концентрации перечисленных биогенных веществ в сточных водах стимулируют процессы эвтрофикации («цветения» воды) водохранилища.

3). Изучена сезонная динамика качества вод, разработан способ определения и выполнен расчет региональных предельно допустимых концентраций (РПДК) веществ на Саратовском водохранилище. Полученные РПДК существенно отличаются от действующих ПДК. По одним веществам, например фосфаты и азот аммонийный, рыбохозяйственные ПДК превышают региональные, а по другим веществам, например медь и нефтепродукты, наблюдается обратная картина. Введение РПДК позволяет учесть природно-климатические особенности водных объектов и исправить ситуацию, когда рыбохозяйственные ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин.

4). Предложен способ определения кратности разбавления сточных вод на основе зондирования по удельной электропроводности в рамках проведения локального мониторинга водного объекта в районе сброса сточных вод. Данный способ позволяет повысить достоверность определения кратности разбавления сточных вод на водном объекте. Кратность разбавления сточных вод, полученная на основе данных мониторинга Саратовского водохранилища существенно отличается (в сторону увеличения в 5-10 раз) от кратности, полученной с использованием традиционных расчетных методов.

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 РПДК, благодаря которым учитываются различные природно-географические и климатические условия формирования качества вод водных объектов.

6). Разработана экспериментальная методика расчета нормативов ПДС и лимитов ВСС веществ, поступающих в водные объекты в составе сточных вод. Анализ результатов расчета нормативов ПДС по экспериментальной и действующей методикам показал достоинства нового подхода. В рамках экспериментальной методики проблема «жестких» и «мягких» нормативов перестает существовать. Результаты расчетов показывают, что для большинства веществ концентрация предельно допустимого сброса вполне достижима в рамках существующих технологий очистки воды и всего в 2-4 раза превышает фоновую концентрацию веществ в воде Саратовского водохранилища. Применение экспериментальной методики направлено на снижение антропогенной нагрузки на водные объекты и на сохранение водных экосистем в их естественном состоянии.

### **По теме диссертации опубликованы следующие работы:**

1. Селезнева А.В., Селезнев В.А. Воздействие техногенной нагрузки на качество вод водохранилищ Волги // Тез. докл. международного симпозиума «Природные и социально-экономические последствия разработки и управления водными ресурсами». - М., 1995. - С. 87-88.
2. Selezneva A.V., Seleznev V.A. Estimation of diffuse pollution and its impact on quality of waters in the Volga river reservoir // Proceeding of the Second International IAWQ Specialized Conference and Symposia on Diffuse Pollution. - Prague. - 1995. P. 174-177.
3. Селезнева А.В., Селезнев В.А. Проблемы качества воды Саратовского водохранилища в регионе Самарской Луки // Тез. докл. Третьей Тольяттинской городской экологической конференции «Самарская Лука: природное и духовное наследие, эколого-культурное просвещение, устойчивое развитие региона». - Тольятти, 1995.-С. 19.
4. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Проблемы управления качеством воды водохранилищ Волги // Материалы Всероссийской конф. «Бассейн реки: эколого-водохозяйственные проблемы рационального водопользования». - Екатеринбург, 1996.-С. 96-97.
5. Селезнева А.В., Селезнев В.А. О совершенствовании методики нормирования сточных вод // Материалы Всероссийской конф. «Управление устойчивым водопользованием». - М., 1997. - С. 168-169.
6. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Качество воды крупных водохранилищ Волги: проблема и пути её решения // Экология и промышленность России. - М.: январь 1997. - С. 44-48.
7. Seleznev V.A., Selezneva A.V., Sergienko T.S. Monitoring of water quality in the Volga river reservoir // Conference proceedings. International and national aspects of ecological monitoring. - St. Petersburg, 1997. - P. 54-55.
8. Селезнев В.А., Селезнева А.В., Евграфова В.А., Шватченко О.С. Совершенствование методики нормирования сточных вод на территории г.Саратова // Тез. докл. Российской научно-практической конф., посвященной 200-летию Саратовской губернии. - Саратов, 1997. - С. 74-75.
9. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Мониторинг антропогенных изменений качества вод крупных водохранилищ Волги // Тезисы докладов Третьего международного конгресса «Вода: экология и технология». ЭКВАТЭК-98. - М., 1998. - С. 550.
10. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Нормирование сточных вод // Тез. докл. Третьего международного конгресса «Вода: экология и технология». ЭКВАТЭК-98. -М., 1998.-С.455.
11. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Нормирование сброса сточных вод // Экологические проблемы бассейнов крупных рек - 2: Тез. докл. Междунар. науч. конф. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 1998. - С. 176-177.

12. Селезнева А.В., Селезнев В.А. Методика расчета предельно допустимых сбросов и временно согласованных сбросов веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами // Экология и промышленность России. - М.: декабрь 1998. - С. 32-36.

13. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Оценка воздействия сточных вод г.Тольятти на качество вод Саратовского водохранилища // Водные ресурсы. - 1999. - № 3. - С. 501-511.

14. Селезнева А.В. Новый подход к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты от точечных источников загрязнения // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Экологическая политика и устойчивое развитие регионов России». - Пенза, 2002. - С25-26.

15. Селезнева А.В. Расчет временно согласованного сброса загрязняющих веществ в водные объекты // Экологические проблемы бассейнов крупных рек - 3: Тез. докл. междунар. науч. конф. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. - С. 254.

16. Селезнев В.А., Селезнева А.В., Рахуба А.В. От мониторинга к регулированию антропогенного воздействия на качество вод водохранилищ Волжско-Камского каскада // Институт экологии Волжского бассейна РАН 20 лет: основные итоги и перспективы научных исследований. - Тольятти, ИЭВБ РАН, 2003. - С. 55-70.

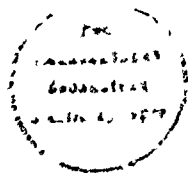
17. Селезнева А.В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения//Известия Самарского НЦ РАН, Т. 5, №2 (10), июль-декабрь, 2003.- С. 268-278.

18. Селезнев В.А., Селезнева А.В. Качество вод водохранилищ Волжско-Камского каскада и проблемы мониторинга и регулирования антропогенного воздействия // Материалы конф. и круглых столов «Возрождение Волги». - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. - С. 22-30.

19. Селезнева А.В., Викулов А.И., Селезнев В.А. Оценка качества вод Саратовского водохранилища на территории национального парка «Самарская Лука» // Материалы международной конференции «Природное наследие России: изучение, мониторинг, охрана». - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. - С. 335.

20. Селезнева А.В. Фоновый и локальный мониторинг водных объектов // Тезисы докладов VIII международного симпозиума «Чистая вода России - 2005». - Екатеринбург, 2005. - С. 93.

15 ИЮЛ 2005



1180