

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

(наименование института полностью)

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

(наименование кафедры)

18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки)

Экобиотехнология

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Оптимизация регулирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты на основе их природных особенностей

Студент

К. В. Беспалова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

В.А. Селезнев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель
программы

к.х.н., д.т.н., доцент, С.В. Афанасьев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018г.

Допустить к защите

Заведующий
кафедрой

к.п.н., доцент, М.В. Кравцова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018г.

Тольятти 2018

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Состояние источников водоснабжения: проблема качества воды и пути её решения	5
1.1 Антропогенное эвтрофирование водохранилищ	6
1.2 Характеристика района исследований	14
1.3 Геохимические особенности формирования качества природных вод бассейна Саратовского водохранилища	25
Глава 2. Технология регулирования антропогенной нагрузки на водные объекты	39
2.1 Определение фоновых концентраций химических веществ в речной воде	40
2.2 Расчет техногенной составляющей формирования качества речных вод	43
2.3 Апробация расчета бассейновых допустимых концентраций (БДК) на водохранилище Нижней Волги	46
Глава 3. Разработка технологических решений по очистке ливневых сточных вод	53
3.1 Характеристика ливневой канализации Комсомольского района г. Тольятти	54
3.2 Качество воды ливневых сточных вод Комсомольского района г. Тольятти	59
3.3 Реконструкция очистных сооружений ливневых сточных вод Комсомольского района г. Тольятти	60
3.4 Выбор вида и определение доз реагентов	62
3.5 Расчёт реагентного хозяйства	64
Заключение	69
Список используемых источников	71

Введение

Актуальность исследования. В условиях интенсификации процесса эвтрофирования на крупных водных объектах наблюдается значительное ухудшение качества воды по запаху, цветности и содержанию взвешенных, коллоидных и растворенных органических веществ. Проблема усугубляется в маловодные годы, когда по причине массового развития сине-зеленых водорослей возникает угроза устойчивому водопользованию, а существующие городские очистные сооружения не способны осуществлять водоподготовку должным образом.

Чрезмерное поступление биогенных веществ в водохранилища от боковых притоков и в составе сточных вод свидетельствует, что принятая система регулирования антропогенного воздействия не позволяет ограничить их поступление в водные объекты. Причина в том, что в методике расчета нормативов допустимого сброса (НДС) применяются единые предельно допустимые концентрации (ПДК), зависящие только от вида водопользования.

Внедрение в практику нормирования бассейновых критериев качества воды, учитывающих геохимические особенности водных объектов, сдерживается недостаточным количеством научных исследований, направленных на разработку подобных нормативов.

Цель работы – разработка бассейновых критериев нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты.

Задачи исследования:

1. Дать оценку качества воды в условиях эвтрофикации Саратовского водохранилища.
2. Изучить пространственную неоднородность и сезонную изменчивость качества воды на основе данных мониторинга.

3. Обосновать целесообразность разработки бассейновых нормативов качества воды, отражающих природные особенности водных объектов.

4. Подобрать технологическое решение для очистки ливневых сточных вод Комсомольского района г. Тольятти.

Объектом исследования является Саратовское водохранилище и его притоки (район Нижней Волги).

Предметом исследования являются нормативы качества воды, которые используются в качестве критериев нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты.

Методология, методы исследования. В основу исследований положен бассейновый принцип оценки качества воды водных объектов. Для ведения мониторинга водных объектов применен комплекс экспедиционных методов по отбору проб воды на реках и водохранилищах, их хранению и доставке в испытательную лабораторию. Для обобщения и анализа материалов используются ГИС-технологии, математическая статистика, а также стандартных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических методах.

Теоретическая значимость работы. Получены новые знания о пространственной неоднородности и сезонной изменчивости качества воды, позволяющие разработать бассейновые нормативы и предложить их в качестве экологических критериев для регулирования антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Нижней Волги.

Практической значимостью работы являются разработанные экологические обоснованные критерии нормирования качества воды, которые использовались при выполнении государственного проекта: «Разработка проекта нормативов допустимого воздействия по бассейну р. Волга от верховий Куйбышевского водохранилища до впадения в Каспийское море» по заданию ФАВР. (Государственный контракт № 23-ФБ).

Основные положения работы, выносимые на защиту:

1. Одна из главных причин ухудшения качества воды (вызванного чрезмерной биогенной нагрузкой) на водных объектах – неэффективная система нормирования антропогенной нагрузки, в которой в качестве критериев используются единые федеральные ПДК, не учитывающие природные особенности конкретных водных объектов.

2. Качество поверхностных вод водных объектов характеризуется пространственной неоднородностью и сезонной изменчивостью..

3. Регулирование антропогенного воздействия на водные объекты целесообразно производить отдельно: вещества двойного генезиса следует нормировать на основе БДК; вещества антропогенного происхождения - на основе федеральных ПДК.

Апробация результатов диссертации. Результаты работы на различных этапах исследования были представлены на 17 научно-практических конференциях и семинарах различного уровня. В числе такого рода мероприятий можно выделить следующие: V Международная конференция молодых ученых. Водные ресурсы: изучение и управление (г. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016 г.); Международная научно-практическая конференция «Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения». 8-19 мая 2017 г. Казань: Приволжский федеральный университет; Региональная научно-практическая конференция «Инновации и «зеленые» технологии». Самара: Самарская областная универсальная научная библиотека. 29 ноября 2017г.

Опубликованность результатов. По теме научного исследования опубликовано 30 работ, в том числе в 6 научных журналах (ВАК).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. Основной текст изложен на 80 страницах, включает 8 таблиц, 29 рисунков и список литературы, состоящий из 75 источников, в том числе 5 иностранных.

Глава 1. Состояние источников водоснабжения: проблема качества воды и пути её решения

Самые крупные водные объекты в бассейне Нижней Волги – это Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское водохранилища. Все три водохранилища являются безальтернативными источниками водоснабжения крупнейших городов Поволжья (Казань, Ульяновск, Тольятти, Самара, Саратов, Волгоград) и ряда других населенных пунктов Республики Татарстан, Ульяновской, Самарской, Саратовской и Волгоградской областей. «При этом существующие в волжских городах традиционные методы водоподготовки не позволяют довести воду, подаваемую населению, до нормативного качества.» [8]

Перечисленные водохранилища одновременно используются для нескольких видов водопользования, поэтому «при оценке качества воды исходят из более жестких требований в ряду одноименных нормативов качества поверхностных вод.» [1] Такими нормативами качества воды являются рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации веществ (ПДК).

«Качество воды водохранилищ по ряду показателей не отвечает нормативным требованиям, предъявляемым к водным объектам комплексного использования. Обычно, характерными загрязняющими веществами признаются нефтепродукты, фенолы и тяжелые металлы» [6].

«Однако, в период летней межени особую тревогу вызывает органическое загрязнение, обусловленное чрезмерным сбросом биогенных веществ в составе сточных вод, что в условиях замедленного водного обмена вызывает массовое развитие водорослей («цветения» воды) и ухудшение качества воды источников питьевого водоснабжения» [5].

Основная причина ухудшения качества воды – чрезмерная биогенная нагрузка и несовершенство системы её нормирования, в частности, методики

расчета нормативов допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты.

1.1 Антропогенное эвтрофирование водохранилищ

Проблема ухудшения качества воды в условиях антропогенного эвтрофирования водохранилищ не является новой (Гусева, 1952, 1965, 1971; «Цветение» воды, 1968; Алимов, 1979; Буторин, 1984; Гусаков, 1990; Абакумов, 1992; Хрисанов, 1993; Бортник, 1997; Остроумов, 2001; Данилов-Данилян, 2006; Даценко, 2007; Никаноров, 2013; Моисеенко, 2011; Селезнева, 2013; Селезнев, 2014). Однако, в условиях роста биогенной нагрузки и глобального потепления климата данная проблема становится еще более актуальной (Селезнев, 2013; Хоружая, 2013).

Эвтрофирование представляет собой естественный процесс развития экосистемы водоема, характеризующийся постепенным повышением уровня его продуктивности в зависимости от морфометрии объекта, его проточности и нагрузки биогенными элементами, основными из которых являются соединения азота и фосфора. «В своем развитии в естественных условиях водные объекты проходят олиготрофное, мезотрофное, эвтрофное и гиперэвтрофное состояния. На завершающих стадиях процесса эвтрофирования в водных объектах возможно возникновение дисбаланса в соотношении продукционно-деструкционных процессов в водной экосистеме, что приводит к возникновению анаэробных зон и заморных явлений, уменьшению рыбных запасов, а также загрязнению воды токсическими веществами в результате развития определенных видов фитопланктона («цветение» воды). Интенсивная нагрузка биогенными веществами, обусловленная хозяйственной деятельностью на акватории водных объектов и их водосборах, приводит к значительному возрастанию скорости эвтрофирования по сравнению с естественными условиями, т.е. к антропогенному эвтрофированию» [9]. «Процесс антропогенного эвтрофирования рассматривается как следствие нарушения устойчивости

водных экосистем, что принципиально отличает его от понятия загрязнения» [4].

При эвтрофировании возможна токсификация водохранилищ, в том числе вследствие продукции токсинов (цианотоксинов) синезелеными водорослями. Из-за опасности цианотоксинов в ряде стран уже введены нормативы на их содержание в питьевой воде и соответствующие параметры количества клеток их продуцентов – синезеленых водорослей. В России проблеме цианотоксинов, к сожалению, уделяется недостаточно внимания, нормативы пока не разработаны, а исследования в этой области единичны.

В Волжском бассейне интенсивным цветением охвачены водохранилища Нижней Волги (Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское), которые последовательно расположены друг за другом и характеризуются суточным, недельным и сезонным режимом регулирования водного стока. Слабая проточность и высокая биогенная нагрузка создают благоприятные условия для процесса «цветения» воды.

«Развитие водорослей на различных участках водохранилищ находится в прямой зависимости от температуры и динамики водных масс. На пойме и в заливах, где небольшие глубины и стоковое течение практически отсутствуют, «цветение» воды выражено более явно. На Куйбышевском водохранилище синезеленые энергично развиваются, вызывая интенсивное «цветение» ниже устья залива Черемшан. В последнем «цветение» значительно сильнее, чем на русловых открытых участках водохранилищ»[9].

Массовое развитие водорослей обуславливает изменение окраски и качества вод. Ухудшение качества воды по органическим показателям отмечается повсеместно.

По данным многолетних наблюдений качество воды водохранилищ Нижней Волги не соответствует нормативам, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения по ПО и ХПК на протяжении всего года и периодически по запаху и цветности. В период проведения исследований

изменение ПО наблюдалось в диапазоне 5,9 -12,8 мг/дм³, а диапазон значений ХПК – 22-37 мг/дм³ при установленных нормативах 5 мг/дм³ и 15 мг/дм³.

Процесс «цветения» воды начинается в июне-июле и заканчивается в сентябре-октябре, а его продолжительность зависит от климатических условий конкретного года. Массовое развитие водорослей оказывает существенное влияние на сезонную изменчивость показателей качества воды. Сезонная изменчивость характерна для всех биогенных веществ, но наиболее ярко проявляется для фосфатов и нитратов. В рамках года содержание нитратов изменяется в 7 раз, а фосфатов – в 5 раз. Наблюдается минимальная концентрация у всех показателей во время массового развития водорослей.

«Комплексный анализ абиотических и биотических компонентов водных экосистем, показывает, что массовое развитие сине-зеленных водорослей усиливается в маловодные годы при ослаблении гидродинамических процессов» [57]. «К концу июля часть Волги против г. Саратова превратилась в замкнутый бассейн, где в огромном количестве развивались сине-зеленые водоросли. Огромным их количество было и в коренной Волге» [46].

«Благодаря аномальным погодным условиям, сложившимся в Волжском бассейне летом 2010 г., и катастрофическому маловодью представилась возможность дать количественную оценку влияния снижения водности на развитие водорослей и ухудшение качества волжской воды» [60].

2010 год «по данным Всемирной метеорологической организации стал одним из самых жарких за всю историю метеонаблюдений. За последние 120 лет в бассейне Средней и Нижней Волги не было зафиксировано ни одного случая столь долгого существования антициклона. Вследствие аномальных погодных условий в летний период температура воздуха была существенно выше, а осадки ниже нормы, что привело к увеличению температуры воды и маловодью на Куйбышевском, Саратовском, Волгоградском

водохранилищах. Гидродинамические процессы из-за штилевых условий были ослаблены, а регулирование водного стока осуществлялось в критических условиях.» [60]

По результатам наблюдений выявлено, что в 2010 году, ввиду аномальной жары и отсутствия осадков, а так же снижения динамики водных масс, создались наиболее благоприятные условия для развития сине-зеленых водорослей. Как следствие, биомасса фитопланктона, в большей степени за счет сине-зеленых водорослей, на порядок увеличилась в сравнении с 2009 г.

На водохранилищах Нижней Волги ситуация, связанная с качеством воды, становится критической при экстремальных погодных условиях (высокая температура и отсутствие осадков) в бассейне. При сравнении между собой экстремально жаркого и маловодного года (2010 г.) и обычного года (2009 г.) получено, что повышение температуры воды в июле с 21,0 до 23,5° С (рис. 1) привело к резкому увеличению численности и биомассы водорослей (по хлорофиллу «а»).

По данным наблюдений, концентрация хлорофилла «а» увеличилась: в начале летнего периода (июнь) с 2,67 до 4,86 мг/м³, а в июле - с 1,03 до 8,56 мг/м³, в августе - с 1,69 до 6,62 мг/м³ (рисунок 2). Таким образом, по причине аномальных климатических условий 2010 года, рост сине-зеленых водорослей увеличился примерно в 2-8 раз.

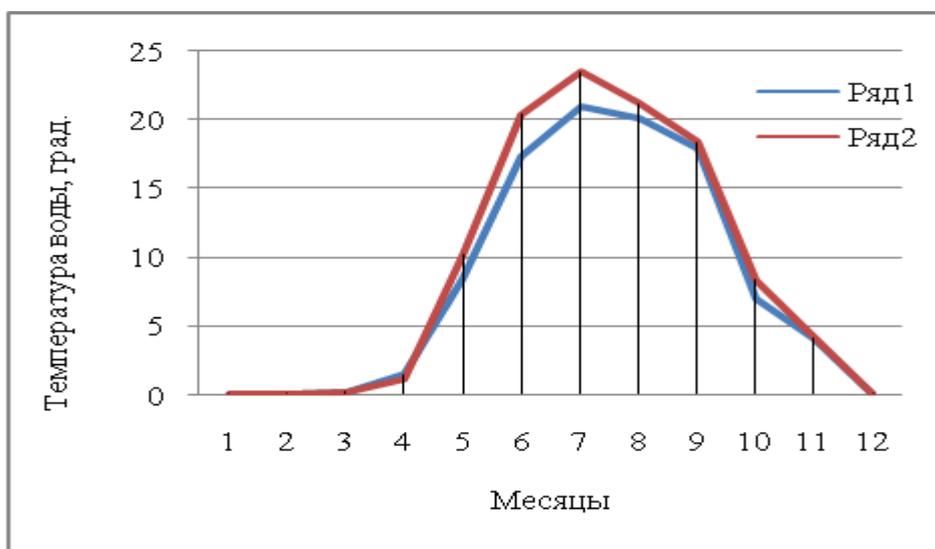


Рисунок 1 – Изменения температуры воды

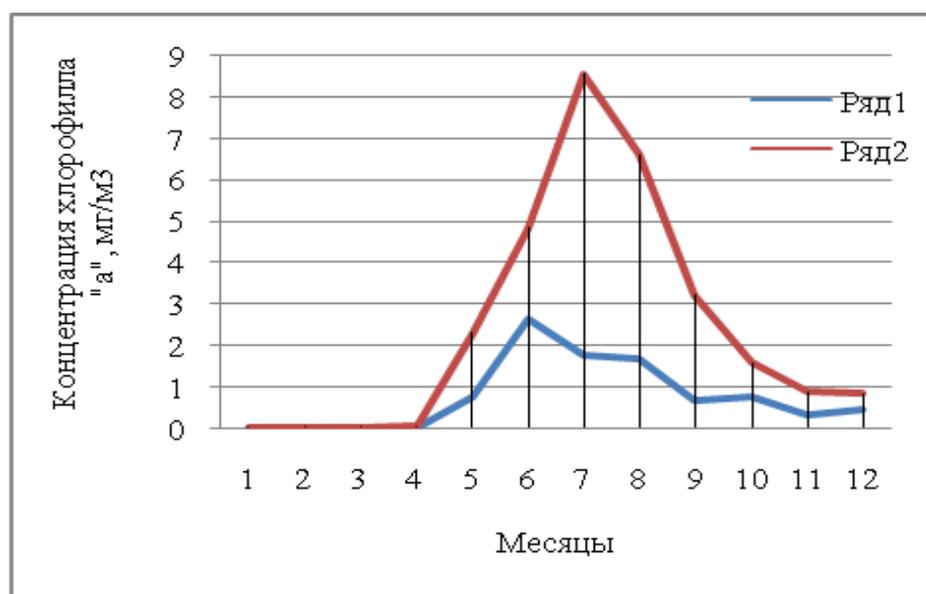


Рисунок 2 – Изменения биомассы по хлорофиллу «а». 2019 г.- ряд 2;
2009 г.- ряд 1.

Увеличение численности и биомассы водорослей в 2010 г. привело к существенному ухудшению качества воды по следующим показателям: взвешенные вещества, запах, цветность, содержание растворенного кислорода, водородный показатель, коллоидные и растворенные органические вещества (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика качества волжской воды

Месяцы	2009 г.				2010 г.			
	NO ₃ ⁻ , мгN/ дм ³	PO ₄ ⁻ , мгP/ дм ³	O ₂ , мг O/ дм ³	БПК ₅ , мг O/ дм ³	NO ₃ ⁻ , мгN/ дм ³	PO ₄ ⁻ , мгP/ дм ³	O ₂ , мг O/ дм ³	БПК ₅ , мг O ₂ / дм ³
январь	0,70	0,062	12,9	0,5	0,42	0,079	12,2	0,7
февраль	0,94	0,058	11,9	0,6	0,42	0,064	10,6	0,6
март	1,20	0,052	10,0	0,7	0,52	0,067	10,0	0,7
апрель	1,10	0,053	9,3	0,8	0,58	0,057	9,8	0,7
май	0,92	0,050	9,0	0,9	0,47	0,046	10,2	1,1
июнь	0,58	0,046	8,8	1,4	0,20	0,020	8,6	1,5
июль	0,50	0,040	8,0	1,6	0,11	0,010	6,4	2,1
август	1,10	0,052	6,5	1,5	0,12	0,049	4,8	2,1
сентябрь	0,12	0,017	7,5	1,1	0,30	0,092	6,6	1,7
октябрь	0,12	0,096	9,1	0,7	0,31	0,099	10,1	0,7
ноябрь	0,20	0,100	11,1	0,7	0,30	0,101	11,3	0,7
декабрь	0,26	0,092	12,6	0,6	0,31	0,105	12,4	0,6

Процесс «цветения» воды уменьшает концентрацию растворенного кислорода и увеличивает загрязнение по органическим показателям. В 2009 г., в августе, концентрация растворенного кислорода в русловой части водохранилища составляла 6,5 мгО/дм³, а в 2010 г. - снизилась до критического уровня и составила 4,8 мгО/дм³. И это на участке 2,5 км ниже ГЭС, в условиях интенсивной аэрации. В соответствие с нормативными требованиями к водоемам рыбохозяйственного назначения, в летний период данная концентрация в водном объекте не должна быть ниже 6,0 мгО/л.

Таким образом, концентрация нитратов и фосфатов в воде в летний период снижается из - за их активного потребления водорослями. Сравнительный анализ натуральных наблюдений в 2009 и 2010 годах дает основания прогнозировать, что в условиях глобального потепления климата «цветение» воды на водохранилищах будет только усиливаться, а качество воды в источниках водоснабжения - ухудшаться.

Одна из главных причин «цветения» и ухудшение качества воды водохранилищ - это чрезмерное поступление биогенных веществ от точечных источников загрязнения в условиях замедленного водного обмена в период летней межени. Особое место среди биогенных веществ занимают нитраты и фосфаты.

Концентрация фосфатов в период максимального «цветения» воды снижается до нуля и ограничивает дальнейшее развитие процесса «цветения» воды. От содержания фосфатов в воде зависит интенсивность и продолжительность процесса «цветения» воды.

«Наиболее отчетливо связь между концентрацией фосфатов и биомассой водорослей (по хлорофиллу «а») проявилась в аномальном 2010 году. Сезонные изменения концентрации минерального фосфора и хлорофилла «а» находятся в противофазе.» [62]

Ограничение поступления биогенных веществ, прежде всего фосфатов, будет способствовать восстановлению экологического состояния водохранилищ и улучшению качества воды. Однако, поэтапное уменьшение

биогенной нагрузки возможно только при эффективно работающей системе нормирования антропогенного воздействия на водные объекты.

Процесс антропогенного эвтрофирования нарушает биогеохимические циклы азота и фосфора и становится наиболее значимым фактором ухудшения качества воды крупных водохранилищ. «Цветение» воды в источниках питьевого водоснабжения ухудшает следующие показатели качества воды: запах, цветность, взвешенные и коллоидные вещества, рН, БПК, ПО, ХПК. Ухудшение качества воды существенно затрудняет очистку природной воды на станциях водоподготовки и не позволяет воду довести до нормативных требований.

Существующие механические, химические и биологические методы борьбы с «цветением» воды не носят превентивный характер, а направлены на борьбу с последствиями антропогенного загрязнения водных объектов.

1.2 Характеристика района исследования

Район исследования расположен на территории Нижневолжского бассейнового округа, который наряду с Окским, Верхневолжским и Камским бассейновыми округами входит в состав Волжского бассейна. Территория Нижневолжского бассейнового округа включает бассейны трех водохранилищ: Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского и речного участка Волги от Волгоградской плотины до Каспийского моря (рис. 3).

Водохозяйственное районирование бассейна Нижней Волги выполнено по 28 водохозяйственным участкам (ВХУ). Сведения об опорных точках ВХУ взяты на сайте ФГУП «Центра регистра и кадастра». Границы ВХУ проводились по топографическим картам масштаба 1:200 000 в среде географической информационной системы «ARC.GIS»

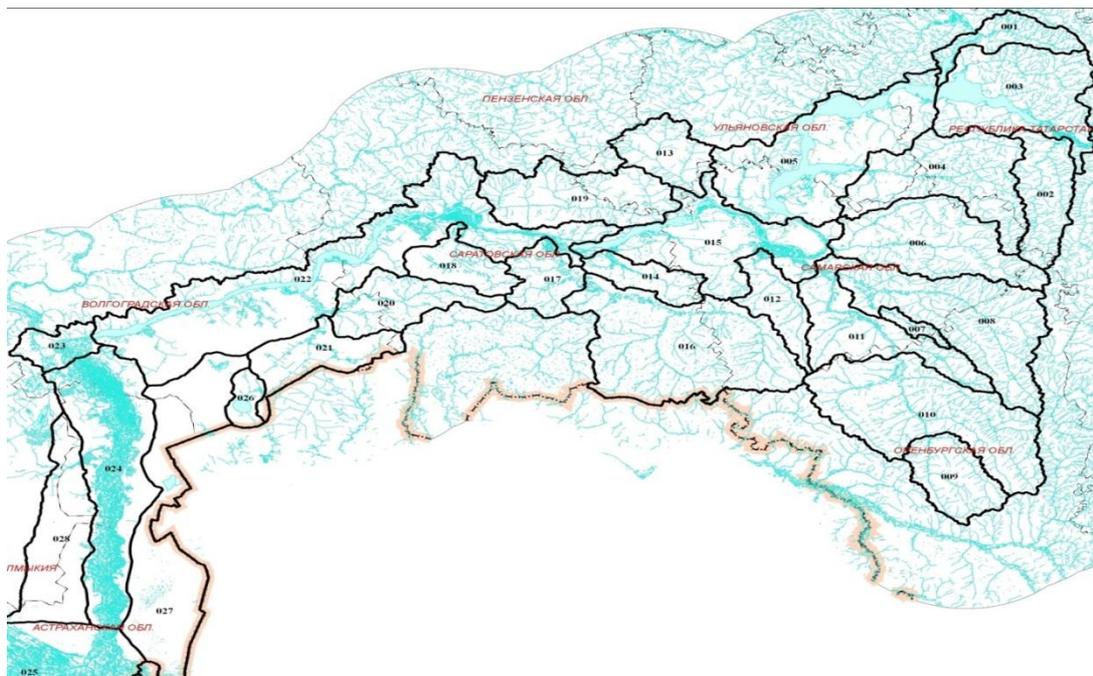


Рисунок 3 - Расположение ВХУ в бассейне Нижней Волги

Районом исследования включает несколько природных зон: смешанные леса; широколиственные леса; лесостепь; степь и полупустыня. «В распространении растительного покрова также ярко проявляется широтная зональность: происходит смена растительности от смешанных лесов на севере до полупустынной и пустынной растительности на юге. Рельеф и геологическое строение оказывают влияние на размещение растительных формаций внутри природных зон.» [14] (рис 4, 5).

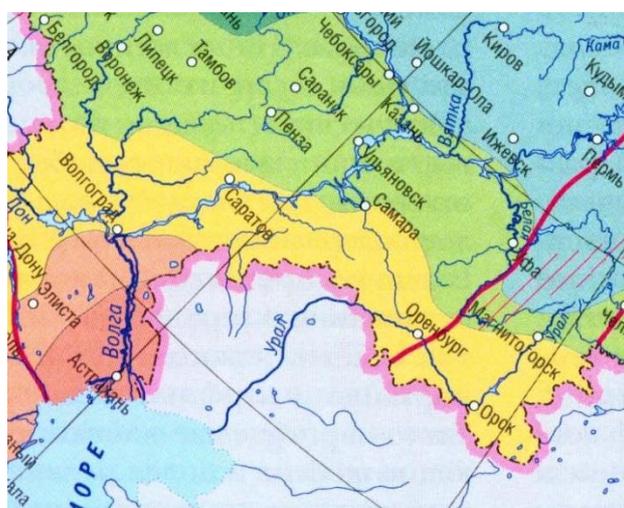


Рисунок 4 – Природные зоны Нижней Волги

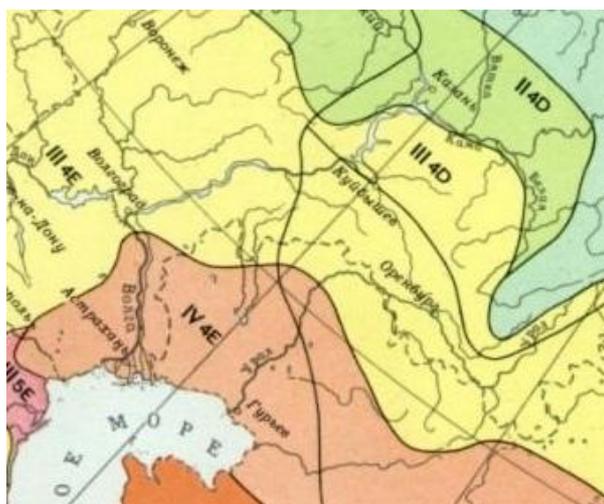


Рисунок 5– Климатические районы Нижней Волги

«По гидрогеологическим условиям на описываемой территории выделяют две основные зоны: северную в пределах лесостепи и степи и южную – в зоне засушливых степей и полупустынь. Северная зона характеризуется залеганием вод в отложениях до четвертичного возраста на глубине более 20 м. По химическому составу воды характеризуются как гидрокарбонатно-кальциевые с концентрацией солей до 1 г/дм^3 . На участках, сложенных загипсованными и соленосными породами, они имеют повышенную и высокую минерализацию хлоридного и сульфатного состава.» [14]

«В южной зоне грунтовые воды прикаспийских равнин залегают в линзах песка и супесей среди толщи глины на глубине 0-5 м на равнине и от 0 до 20 м на участках эоловыми формами рельефа. Воды здесь обладают повышенной минерализацией с концентрацией солей $3\text{-}100\text{ г/дм}^3$ и характеризуются как воды хлоридного и сульфатного состава.» [14]

«Речная сеть по территории распределена неравномерно, что тесно связано с особенностями рельефа и геологического строения, а также с широтным изменением климата. Наиболее густой речной сетью характеризуется бассейн Куйбышевского водохранилища. Густота речной сети составляет $0,29\text{ км/км}^2$. В бассейне Саратовского водохранилища густота сети несколько уменьшается до $0,22\text{ км/км}^2$ главным образом за счет территорий, расположенных к югу от р. Самары, где водотоки сравнительно

редки и маловодны.» [17] «Бассейн Волгоградского водохранилища характеризуется самой редкой речной сетью. Почти на всех реках левобережья водохранилища вода в межень сохраняется лишь в небольших глубоких плесах и многочисленных прудах.» [14]

Анализ современного состояния речной сети в бассейне Нижней Волги выполнен на основе оцифрованной топографической карты масштаба 1:200000 с использованием пакета ArcGIS 9.

Куйбышевское водохранилище. Бассейн водохранилища занимает территорию 1187 тыс.км², площадь зеркала водохранилища составляет 6450 км², а его протяжённость по волжской ветке составляет 508 км. Это самое крупное водохранилище Волжско-Камского каскада. В водохранилище впадает 260 притоков длиной менее 10 км, общая протяженность которых составляет 607 км, а также 559 притоков длиной более 10 км. В зоне деятельности Нижневолжского бассейнового округа основными притоки первого порядка для Куйбышевского водохранилища являются реки Б. Черемшан (336 км) и Шешма (259 км).

Р. Б. Черемшан – это левый приток Куйбышевского водохранилища. Площадь водосбора составляет 11500 км², протяженность реки 336 км. Водосбор ее составляют в основном мелкие речки (64) длиной менее 10 км, часть из них имеет временный характер, их общая длина составляет 199 км. В бассейне р. Б.Черемшан насчитывается 22 реки длиной более 10 км. Наиболее значительные притоки – это р. М. Черемшан длиной 213 км и р.Б. Сульча, протяженность которой - 124 км. Общее количество озер и водохранилищ в бассейне составляет 838 и их общая площадь зеркала – 12,3км². В бассейне реки сооружены небольшие оросительные системы берущие воду из р. Б. Черемшан. В среднем и нижнем течении пойма реки заболочена, часто встречаются старицы.

Р.Шешма - это левый приток Куйбышевского водохранилища. Площадь водосбора реки составляет 6040 км², а длина - 259 км. Водосбор ее составляют в основном мелкие речки (81) длиной менее 10 км, их общая

длина составляет 234 км. Правобережных притоков длиной более 10 км в 3 раза больше, чем левобережных. Самые крупные притоки длиной более 30 км – это р. Лесная Шешма, р. Кичуй и р. Толкишка.

Р. Шешма одна из наименее зарегулированных водотоков бассейна Нижней Волги. В русле самой реки водохранилищ нет, а на притоках имеется 11 мелких водохранилищ. Общее количество озер и водохранилищ в бассейне р. Шешмы составляет 132, их общая площадь зеркала составляет 4 км². Пойма р. Шешмы местами заболочена. При впадении в водохранилище она образует множество стариц, затонов и заливов.

Саратовское водохранилище. Бассейн водохранилища занимает территорию 1265,5 тыс. км², площадь зеркала водохранилища составляет 1831 км², а его протяжённость – 357 км. В него впадает 39 притоков длиной менее 10 км, общая протяжённость которых составляет 116 км. В Саратовское водохранилище впадает 156 рек длиной более 10 км. Основные притоки первого порядка: реки Самара (594 км), Сок (363 км), Чапаевка (298), М. Иргиз (235) и Сызранка (168 км).

Бассейн водохранилища сильно заболочен, особенно низкий левый берег, где расположено множество протоков и стариц. В бассейне водохранилища расположено несколько озер площадью более 1 км². Саратовское водохранилище большей своей частью расположено в засушливой степной зоне, потому здесь много оросительных систем и каналов.

Бассейн р. Самара. Площадь водосбора реки составляет 46500 км², а длина составляет 594 км, это самый большой приток Саратовского водохранилища. Количество притоков длиной менее 10 км составляет - 47, их общая длина 173 км. Общее количество озер и водохранилищ в бассейне составляет 2548 и их общая площадь зеркала – 63,7 км².

В верхнюю часть бассейна в р. Самары впадает р. Б. Уран длиной 155 км и р. Кувай длиной 64 км. Здесь расположено Сорочинское водохранилище, площадь которого составляет 20 км².

В среднюю часть бассейна р. Самары впадают реки М. Уран, Ток и Бузулук. В пойме р. Самара и ее притоков - р. Ток и р. Бузулук, встречается множество мелких стариц. В долине р. Бузулук расположено оз. Чистый Лабаз, площадь которого составляет более 1 км². К северо-западу и к юго-западу от г. Бузулук расположены оросительные системы.

В нижней части бассейна у р. Самары имеется 16 притоков, самый крупный из них - это р. Б. Кинель. В этой части бассейна имеются 3 водохранилища, площадь которых более 1 км². В пойме р. Самары ниже с. Елшанка встречаются заболоченные участки и множество пойменных озер.

Река Б. Кинель – самый крупный приток р. Самары. Площадь водосбора реки составляет 14900 км², а длина реки - 422 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет - 78, их общая длина 279 км. Правые притоки р. Б. Кинель длиной более 30 км – это реки Мочегай, Савруша, Аманак и Сарбай. Из левых притоков самый значительный длиной более 100 км – р. М. Кинель и р. Кутулук.

Количество озер и водохранилищ составляет 663, общая площадь зеркала – 18,6 км². Только одно водохранилище находится в русле р. Б. Кинель. В пойме р. Б. Кинель встречается множество мелких стариц и заболоченные участки поймы. От Кутулукского гидроузла тянется канал Магистральный, от которого отходит большое количество оросительных систем.

Бассейн р. Сок. Площадь водосбора реки составляет 11700 км², а её длина - 363 км. Водосбор р. Сок составляют в основном мелкие речки (80) длиной менее 10 км, их общая длина составляет 228 км. Основной приток р. Кондурча имеет длину 294 км.

Общее количество озер и водохранилищ в бассейне составляет 804 и их общая площадь зеркала – 10,8 км². На самой р. Сок водохранилищ нет, а на притоках имеются мелкие водохранилища. В бассейне р. Кондурча в заболоченном месте расположено оз. Белое, площадь которого превышает 1 км². В среднем течении р. Сок встречаются заболоченные участки. Русло

реки становится более извилистым, а в пойме встречается множество мелких озер.

Бассейн р. Чапаевка. Площадь водосбора реки составляет 4310 км², а длина - 298 км. Основным притоком является р. Б. Вязовка – левый приток длиной чуть более 50 км. У р. Чапаевка всего один маленький временный правый приток, длиной не более 10 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет - 8, их общая длина 24 км, практически все они имеют временный характер.

Количество озер и водохранилищ составляет 148, общая площадь зеркала – 3,16 км². Практически каждая речка в бассейне зарегулирована. В русле р. Чапаевки расположены 2 маленьких водохранилища.

Бассейн р. М. Иргиз. Площадь водосбора реки составляет 3900 км², а длина -235 км. Река протекает в засушливой степной зоне и, несмотря на такую протяженность, имеет всего 11 притоков, два из которых имеют временный характер на всем протяжении. Сама р. М. Иргиз на значительном своем протяжении и многие из ее притоков в засушливые годы почти полностью пересыхают.

Практически каждый приток и многие овраги в бассейне реки перегорожены плотинами. На участке насчитывается 50 мелких водохранилищ и одно из них расположено в русле р. М. Иргиз. В бассейне реки большое количество оросительных систем.

Р. Сызранка. Площадь водосбора реки составляет 5650 км², а длина - 168 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет -22, их общая длина 68 км. Основные притоки длиной более 30 км - это реки Бекманка, Канадейка, Томышевка и Крымза. Река Сызранка является наименее зарегулированной в сравнении с другими реками в бассейне Нижней Волги.

Количество озер и водохранилищ в бассейне составляет 61, общая площадь зеркала – 6,5 км². Пойма р. Сызранки в районе впадения в нее притока р. Балейка и низовьях реки заболочено.

Волгоградское водохранилище. Бассейн водохранилища занимает территорию 1332,4 тыс.км², площадь зеркала водохранилища составляет 3117 км². В него впадает 175 притоков длиной менее 10 км, общая протяженность которых составляет 349 км. Основные притоки первого порядка: реки Б. Иргиз (675 км), Еруслан (278 км), Терешка (273 км), Б. Караман (198 км) и Торгун (145 км).

Бассейн р. Б. Иргиз занимает площадь 24000 км², а длина реки составляет 675 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет 16, а их общая длина 43 км. Основные притоки: р. Камелик, Б. Кушум, М. Кушум и Маянга.

Количество озер и водохранилищ составляет 472, общая площадь зеркала – 41,1 км². В пойме реки встречается много довольно узких, но протяженных стариц. В бассейне р. Б. Иргиз проходит Саратовский канал им. Е.Е. Алексеевского, Ерусланский, Марьевский и Комсомольский каналы.

Бассейн р. Б. Караман занимает площадь 4260 км², а длина реки составляет 198 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет 3, а их общая длина 14 км. Основные притоки длиной более 10 км: реки Мечетка (70 км) и Нахой (48 км).

Количество озер и водохранилищ составляет 58, общая площадь зеркала – 2,5 км². Весь бассейн р. Б. Караман зарегулирован. Практически на каждом ручейке и каждой балке сооружены плотины. В русле р. Б. Караман 5 водохранилищ. В верховье реки глухой плотиной образовано водохранилище площадью около 1 км². Много водохранилищ на притоках р. Нахой (16) и р. Мечетка (18).

По бассейну р. Б. Караман проходит Приволжский канал, который тянется от Волгоградского водохранилища к р. Мечетке, далее поворачивает на восток, образует оросительную систему и соединяется с р. Б. Караман.

Бассейн р. Терешка занимает площадь 9680 км², а длина реки составляет 273 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет 42, а их общая длина 100 км. Основные притоки длиной более 10 км - реки

Избалык, Алай, Казанла и Карабулак. Количество озер и водохранилищ составляет 74, общая площадь зеркала – 1,99 км².

Бассейн р. Еруслан занимает площадь 5570 км², а длина реки составляет 278 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет 5, а их общая длина 14 км. Основные притоки длиной более 10 км: реки Бизюк, Соленая Куба и Белая Куба. Количество озер и водохранилищ составляет 139, общая площадь зеркала – 8,07 км². Самое большее количество водохранилищ в бассейне р. Соленая Куба.

В русле р. Еруслан расположено Лебедевское водохранилище, площадь зеркала воды которого составляет 4 км², кроме него в русле р. Еруслан есть еще 5 мелких водохранилищ. К самому верховью р. Еруслан подходит Ерусланский канал, соединяющий ее с Саратовским каналом им. Е.Е. Алексеевского. Русло р. Бизюк в самом низовье соединяется с руслом р. Еруслан через искусственный канал.

Бассейн р. Торгун занимает площадь 3550 км², а длина реки составляет 145 км. Количество притоков длиной менее 10 км составляет 4, а их общая длина 9 км. Основные притоки: реки Водянка и Солянка. Количество озер и водохранилищ составляет 3, общая площадь зеркала – 1,72 км². Высокая степень засушливости территории определяет наличие большого количества оросительных систем и каналов.

«На всем своем протяжении района исследования русло Волги в нижнем течении зарегулировано тремя крупными водохранилищами: Куйбышевским, Саратовским и Волгоградским водохранилищами» [27], которые последовательно расположены друг за другом и характеризуются суточным, недельным и сезонным режимом регулирования водного стока. И только часть р. Волги «от Волгоградского гидроузла до ее впадения в Каспийское море, условно можно назвать рекой» [27].

Места и периодичность отбора проб для анализа качества воды установлены в соответствии с программой исследования в зависимости от водного объекта. На каждом водохозяйственном участке определен пункт

гидрохимических наблюдений, максимально приближенный к пункту гидрологических наблюдений. В створе выбиралась одна вертикаль по результатам оценки однородности качества воды. Неоднородность качества воды в заданном створе оценивалась по удельной электропроводности с помощью кондуктометра. На реках выбирался только 1 горизонт на поверхности воды: летом – это 0,3-0,5 м от поверхности, зимой – у нижней поверхности льда. Наблюдения проводились по гидрологическим сезонам, при этом в каждом сезоне планировалось отбирать не менее трех проб воды.

Перед началом экспедиционных исследований были определены границы гидрологических сезонов на всех водохозяйственных участках. Пробы воды стремились отбирать ближе к середине гидрологического сезона, чтобы не нарушать однородность выборок. Пробы воды отбирались на водохранилищах батометром с глубины 0,3-0,5 м, а на реках вручную в емкости (бутылки), изготовленные из химически стойкого стекла с притертыми пробками. Перед отбором пробы емкости для отбора проб дважды ополаскивались водой, подлежащей анализу, и заполняли ею емкости доверху. При отборе проб, подлежащих хранению, перед закрытием емкости пробкой верхний слой воды сливался так, чтобы под пробкой оставался слой воздуха и при транспортировании пробка не смачивалась. Объем пробы составлял 1,5 дм³. Пробы доставлялись в лабораторию мониторинга водных объектов ИЭВБ РАН.

Сбор полевого материала на всех реках и водохранилищах выполняется по единой программе исследований с использованием общепринятых методик при помощи стандартного набора вспомогательных средств (ГОСТ 17.1.3.07, 1982; ГОСТ 31861, 2012).

Для детальных исследований качества воды был организован стационарный пункт наблюдений, расположенный на Саратовском водохранилище. На основании анализа данных мониторинга качества вод в бассейне Нижней Волги определен перечень веществ двойного генезиса, по которым планировалось разрабатывать бассейновые допустимые

концентрации веществ. К веществам двойного генезиса отнесены те, которые распространены в природных водах по естественным причинам и в результате антропогенного воздействия.

«Перечень веществ включает следующие показатели качества воды: сульфаты (SO_4^{2-}), хлориды (CL^-), нитраты (NO_3^{2-}), фосфаты (PO_4^{3-}), медь (Cu), цинк (Zn). Длинные ряды гидрохимических данных сформированы по наблюдениям на стационарном посту на Саратовском водохранилище. Короткие ряды гидрохимических наблюдений сформированы по наблюдениям на реках. Дискретность рядов наблюдений для каждой реки составляла не менее одного измерения в месяц на протяжении двух лет.

Надежные статистические связи между концентрацией химических веществ в воде водных объектов и расходами воды отсутствуют. Поэтому применялся метод расчета средней концентрации при отсутствии связи между концентрацией вещества в воде водотока и расходом воды. Обработка результатов наблюдений проводилась по следующим этапам:

- разбивка годового цикла на гидрологические сезоны, характерные для данного водного объекта;
- группировка исходных данных по гидрологическим сезонам в годовом цикле;
- выбор числа лет наблюдений для дальнейшей статистической обработки;
- определение статистических характеристик: среднее (C_{cp}), минимальное (C_{min}), максимальное (C_{max}) значения и среднее квадратичное отклонение (σ) для исследуемых рядов наблюдений.

Средние концентрации (C_{cp}) химических веществ рассчитывались 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». [36]

1.3 Геохимические особенности формирования качества природных вод бассейна Саратовского водохранилища

Пространственное разнообразие (неоднородность) качества поверхностных вод в бассейне Саратовского водохранилища. Наблюдения проводились в период летней межени, когда природные особенности качества воды проявляются более отчетливо, так как доля подземного питания рек увеличивается. Анализ материалов наблюдений показывает, что качество поверхностных вод в бассейне Саратовского водохранилища меняется в широких пределах.

Процессы формирования качества вод таких крупных рек как Волга (интегральный сток с огромных территорий) и её небольших притоков (местный сток) существенно отличаются. «Волжский бассейн - это сложная система, объединяющая бассейны многих средних и малых рек, которые отличаются гидрологическим режимом, составом пород и климатическими условиями, в силу чего химический состав вод р. Волги интегрирует совокупность свойств воды отдельных притоков.» [26] Учитывая значительную протяженность р. Волги, химический состав её воды совершенно не соответствует местным условиям формирования качества воды. Поэтому «волжская вода является «чужой» для местных вод» [22], которые формируются в притоках Саратовского водохранилища (р. Сок, р. Большой Кинель, р. Самара, р. Чапаевка, р. Малый Иргиз и р. Сызранка).

Качество воды средних и малых рек лучше отражает климатические условия местности и, следовательно, более полно передает зональность состава воды по территории. Однако с уменьшением размера бассейна усиливается влияние местных условий, особенно со стороны состава пород и гидрогеологических условий. В результате возникает широкое разнообразие качества воды. Следовательно, чтобы надежнее выявить природные особенности конкретного водного объекта, лучше всего мониторинг качества воды осуществлять в периоды летней или зимней межени, когда местные факторы формирования качества воды являются определяющими.

По результатам гидрохимических наблюдений на реках (Большой Кинель, р. Сок, Самара, Чапаевка, Сызранка, Малый Иргиз) в период летней межени было определено, что концентрация 6 исследуемых веществ в поверхностных водах водохранилища и его притоков изменялась в широких пределах от 2 до 15 раз (табл. 2). Концентрация изменялась: хлоридов (Cl^-) в 15 раз, сульфатов (SO_4^{2-}) в 4 раза, нитратов (NO_3^-) в 9 раз, фосфатов (PO_4^{3-}) в 3 раза, всех растворенных форм меди (Cu) в 2 раза, цинк (Zn) -3 раз. В бассейне каждой реки формируется своеобразный гидрохимический фон, зависящий от бассейновых и природных условий. При этом влияние местных бассейновых условий (горные породы, почвы, растительность) является определяющим.

Сульфаты (SO_4^{2-}) - один из важнейших анионов для рек бассейна Саратовского водохранилища. Главным источником сульфатов поверхностных вод становятся процессы химического выветривания, а также растворения серосодержащих минералов, в большей степени гипса. Большое количество сульфатов попадает в водоем из-за отмирания организмов а также окисления веществ растительного и животного происхождения.

Таблица 2 - Содержание веществ в воде рек бассейна Саратовского водохранилища

SO_4^{2-} , мг/дм ³	Cl^- , мг/дм ³	NO_3^- , мгN/дм ³	PO_4^{3-} , мкгP/дм ³	Cu, мг/дм ³	Zn, мг/дм ³
р. Волга в пределах Саратовского водохранилища					
60,9±8,5	27,6±2,2	0,25±0,04	0,027±0,005	0,004±0,002	0,014±0,006
р. Сок					
284,0±25,0	37,6±2,5	0,38±0,07	0,020±0,004	0,004±0,002	0,020±0,008
р. Большой Кинель					
273,0±24,2	87,0±4,0	1,02±0,18	0,028±0,005	0,003±0,0015	0,015±0,006
р. Самара					
140,6±14,4	80,0±3,8	0,68±0,12	0,025±0,005	0,003±0,0015	0,006±0,002
р. Чапаевка					
243,0±22,0	286,0±10,0	0,35±0,06	0,053±0,007	0,003±0,0015	0,015±0,006
р. Малый Иргиз					
134,5±14,0	215,4±7,9	0,45±0,08	0,057±0,008	0,003±0,0015	0,006±0,002
р. Сызранка					
71,0±9,3	17,0±1,9	0,11±0,02	0,053±0,007	0,002±0,001	0,006±0,002

В воде Саратовского водохранилища (р. Волга), концентрация сульфатов существенно меньше, чем в левобережных боковых притоках и составляет 60,9 мг/дм³. Очень близкая к волжской воде концентрация сульфатов (71,0 мг/дм³) в воде р. Сызранки, которая расположена на правом берегу водохранилища. На левых притоках водохранилища концентрация сульфатов существенно больше и изменялась от 134,5 до 284,0 мг/дм³. Наибольшая концентрация сульфатов наблюдалась в воде р. Сок - 284 мг/дм³, а наименьшая - в воде р. Малый Иргиз - 134,5 мг/дм³. Концентрация сульфатов в воде рек уменьшается с севера на юг, от р. Сок к р. Малый Иргиз. Не вписывается в эту закономерность р. Самара, имеющая большой водосборный бассейн. Это самая большая река в бассейне Саратовского водохранилища.

На всех реках, за исключением р. Волги и р. Сызранки, бассейновый гидрохимический фон сульфатов в воде рек (рис. 6) превышает действующий федеральный норматив качества воды (ПДК_{р/х} = 100 мг/дм³). Повышенное содержание сульфатов в воде левобережных притоков Саратовского водохранилища в период летне-осенней межени можно объяснить питанием высоко минерализованными подземными водами с повышенным содержанием сульфатов. Вероятнее всего, такие подземные воды могут формироваться в отложениях казанского яруса.

Хлориды (Cl⁻). Главные источники хлоридов в водоемы - соленосные отложения и магматические породы, хлорсодержащие минералы. В воде Саратовского водохранилища (р. Волга), концентрация хлоридов существенно меньше, чем в левобережных боковых притоках и составляла 27,6 мг/дм³. На боковых притоках водохранилища концентрация хлоридов менялась от 17,0 - 286,0 мг/дм³ (рисунок 7).

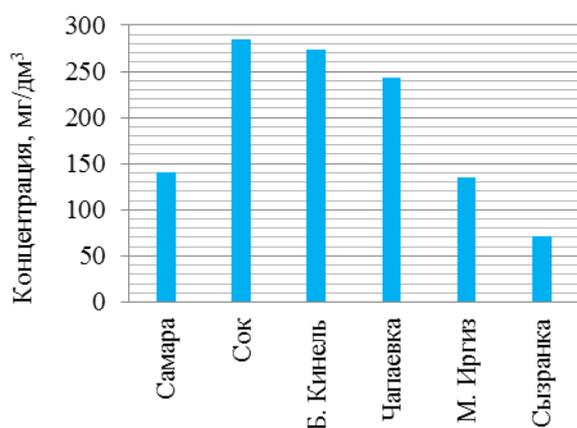


Рисунок 6- Концентрация SO_4^{2-} в воде рек

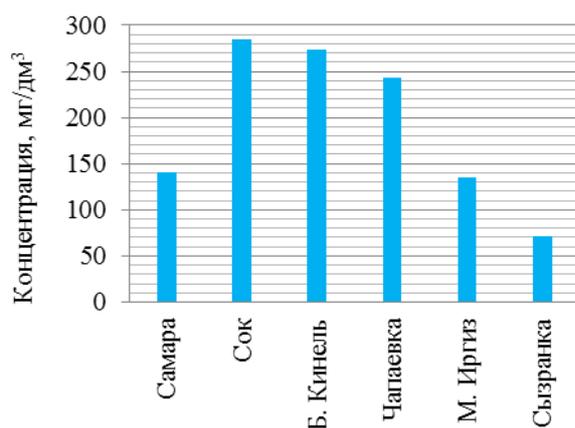


Рисунок 7 - Концентрация Cl^- в воде рек

Наибольшая концентрация хлоридов наблюдалась в воде р. Чапаевки - 286 мг/дм³, а наименьшая - в воде р. Сызранки - 17,0 мг/дм³. На всех реках концентрация хлоридов в воде не превышает действующие федеральные нормативные требования (ПДК_{р/х} = 300 мг/дм³). Высокая концентрация хлоридов - это гидрохимическая особенность р. Чапаевки и р. Малый Иргиз. Концентрация хлоридов в этих реках приближается к ПДК_{р/х}.

Нитраты (NO_3^-). В реки нитраты поступают с атмосферными осадками и азот, регенерируемый при разложении остатков растительных организмов в почвах и продуктов жизнедеятельности животных. В воде Саратовского водохранилища (р. Волга), концентрация нитратов существенно меньше, чем в левобережных боковых притоках и составляет 0,25 мгN/дм³. Еще меньше концентрация нитратов (0,11 мгN/дм³) в воде р. Сызранки, это правый приток водохранилища.

В пределах исследуемых боковых притоках концентрация нитратов изменялась почти в 10 раз от 0,11 до 1,02 мгN/дм³ (рисунок 8). Наибольшее содержание нитратов наблюдалось в воде р. Большой Кинель - 1,02 мгN/дм³, а наименьшее в воде р. Сызранки - 0,11 мгN/дм³. На всех водных объектах в бассейне Саратовского водохранилища содержание нитратов в воде существенно меньше действующих федеральных нормативов качества воды (ПДК_{р/х} = 9,1 мгN/дм³).

Фосфаты (PO_4^{3-}). Фосфаты попадают в поверхностные воды в процессе жизнедеятельности и распада водных организмов, а также выветривания и растворения пород, которые содержат фосфаты, обмена с донными осадками, поступления с поверхности водосбора. Фосфаты в пределах исследуемых водных объектов изменялись от 0,020 до 0,057 мгР/дм³ (рисунок 9).

Наибольшее содержание фосфатов наблюдалось в р. Малый Иргиз - 0,057 мгР/дм³, а наименьшее в р. Сок - 0,020 мгР/дм³. Для всех рек содержание фосфатов в воде меньше действующих нормативов качества воды (ПДК_{Р/Х} = 0,2 мгР/дм³).

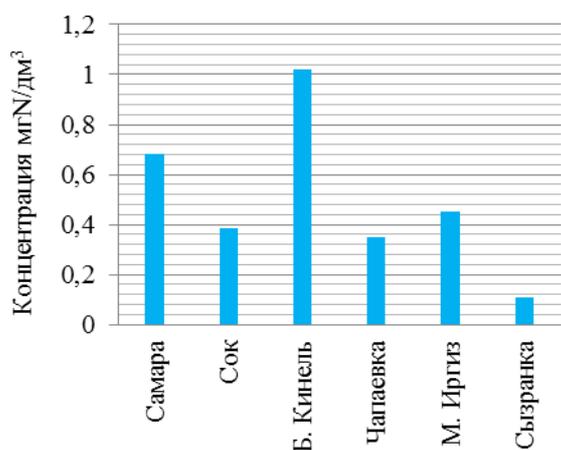


Рисунок 8 - Концентрация NO_3^- в воде рек

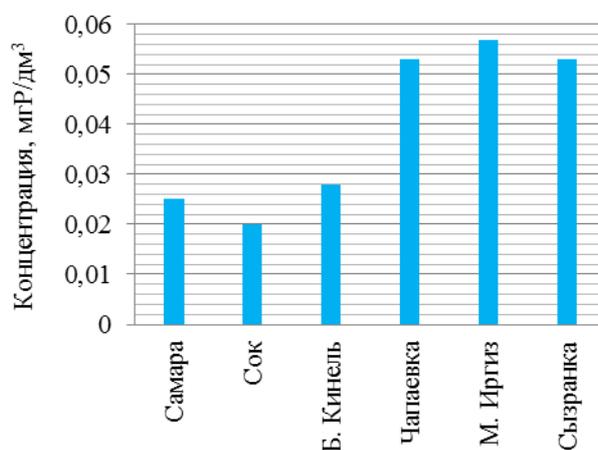


Рисунок 9 - Концентрация PO_4^{3-} в воде рек

Медь (Cu) подразумевает все растворенные в воде формы. Медь попадает в речные бассейны с подземными водами, в которых появление меди обусловлено взаимодействием воды с горными породами содержащими её. В пределах бассейна Саратовского водохранилища медь изменяется от 0,001 до 0,005 мг/дм³ (рисунок 10). На реках содержание растворенной меди изменялось от 0,002 до 0,004 мг/дм³. В воде всех исследуемых рек содержание меди превышает действующие нормативы качества воды (ПДК_{Р/Х} = 0,001 мг/дм³).

Цинк (Zn) подразумевает все растворенные в воде формы. Цинк попадает в поверхностные водные объекты в результате процессов

разрушения и растворения минералов и горных пород. В пределах бассейна Саратовского водохранилища содержание цинка изменялось от 0,006 до 0,020 мг/дм³ (рис. 11). Для таких рек как Волга, р. Сок, р. Большой Кинель и р. Чапаевка содержание цинка в воде превышало действующие нормативы качества воды (ПДК_{р/х} = 0,01 мг/дм³).

Наибольшие концентрации веществ наблюдались: по хлоридам (Cl⁻) - в р. Чапаевка, по сульфатам (SO₄²⁻) - в р. Сок, по нитратам (NO₃⁻) - в р. Большой Кинель, по фосфатам (PO₄³⁻) - в р. Малый Иргиз, по растворенным формам меди (Cu) и по цинку (Zn) - в р. Сок.

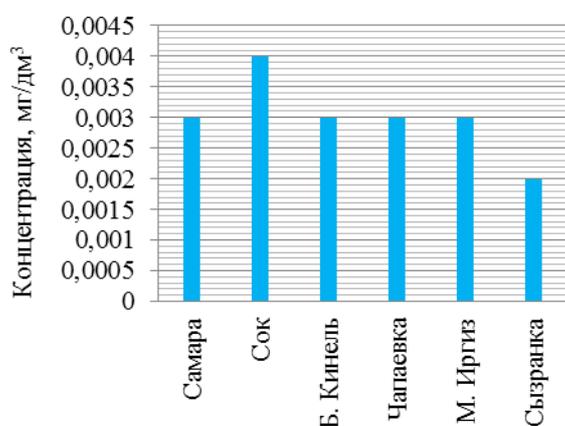


Рисунок 10- Концентрация Cu в воде рек

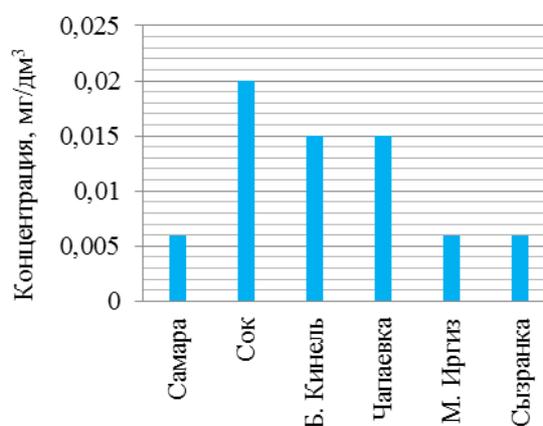


Рисунок 11 - Концентрация Zn в воде рек

Наименьшие концентрации веществ наблюдались: по хлоридам (Cl⁻), сульфатам (SO₄²⁻), нитратам (NO₃⁻) и растворенным формам меди (Cu) - в р. Сызранка, по фосфатам (PO₄³⁻) - в р. Сок.

Важно отметить, что все притоки Саратовского водохранилища расположены в одинаковых природно-климатических условиях, но сильно отличаются местными (бассейновыми) условиями формирования качества воды. Особенно отличается качество воды в р. Сызранке, которая расположена на правом берегу, а остальные реки Чапаевка, Сок, Малый Иргиз и Большой Кинель - на левом берегу р. Волги.

Для каждого речного бассейна, наряду с абсолютными значениями концентраций веществ, характерны индивидуальные соотношения между

веществами: ($\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$), ($\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^{3-}$) и (Zn/Cu). Диапазон изменений по речным бассейнам для ($\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$) составляет 0,6-7,5; для соотношения ($\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^{3-}$) - 2-36; для соотношения (Zn/Cu) - 2,0-5,0. Наиболее существенно отличается качество воды в бассейнах рек Сызранка и Чапаевка.

Сезонная изменчивость качества воды в Саратовском водохранилище. Исследования количественной оценки сезонной изменчивости качества вод на Саратовском водохранилище проводились в 2000-2015 годы. Результаты статистической обработки данных наблюдений представлены в таблице 3.

Сульфаты (SO_4^{2-}). Концентрация сульфатов в воде водохранилища подвержена заметным сезонным колебаниям. Важнейшим фактором, определяющим изменчивость концентрации, является меняющееся соотношение между поверхностным и подземным стоком.

Средняя годовая концентрация (C_{CP}) сульфатов в воде водохранилища составила 57,2 мг/дм³. Максимальная концентрация (C_{MAX}) сульфатов наблюдалась в апреле и составила 70,2 мг/дм³, а минимальная концентрация (C_{MIN}) - в июле и составила 46,3 мг/дм³.

В период весеннего половодья концентрация сульфатов снижалась до минимальных значений, а в период летне-осенней межени увеличивалась, но оставалась ниже, чем в период зимней межени (рисунок 12). Разница между значениями C_{MAX} и C_{MIN} внутри года составила 23,9 мг/дм³ или 42%. $K_{\text{ИЗ}} = C_{\text{MAX}}/C_{\text{MIN}} = 1,52$.

Таблица 3 - Средние концентрации веществ и стандарт (C_{CP}/σ) в воде водохранилища

Месяцы	SO_4^{2-} , мг/дм ³	Cl^- , мг/дм ³	NO_3^- , мгN/дм ³	PO_4^{3-} , мгP/дм ³	Cu , мг/дм ³	Zn , мг/дм ³
январь	<u>61,7</u>	<u>25,0</u>	<u>0,80</u>	<u>0,075</u>	<u>0,004</u>	<u>0,008</u>
	12,8	4,2	0,37	0,015	0,003	0,004
февраль	<u>58,8</u>	<u>26,5</u>	<u>1,00</u>	<u>0,074</u>	<u>0,003</u>	<u>0,008</u>
	14,2	5,6	0,40	0,010	0,002	0,003
март	<u>67,3</u>	<u>28,8</u>	<u>1,21</u>	<u>0,074</u>	<u>0,003</u>	<u>0,008</u>
	16,8	4,3	0,44	0,015	0,002	0,004

Продолжение таблицы 3

апрель	<u>70,2</u>	<u>30,4</u>	<u>1,26</u>	<u>0,061</u>	<u>0,004</u>	<u>0,009</u>
	15,5	6,3	0,52	0,017	0,004	0,004
май	<u>58,9</u>	<u>24,6</u>	<u>1,10</u>	<u>0,047</u>	<u>0,005</u>	<u>0,015</u>
	11,8	5,1	0,38	0,025	0,004	0,012
июнь	<u>48,1</u>	<u>26,7</u>	<u>0,72</u>	<u>0,029</u>	<u>0,006</u>	<u>0,013</u>
	7,7	7,8	0,31	0,011	0,008	0,005
июль	<u>46,3</u>	<u>29,9</u>	<u>0,54</u>	<u>0,031</u>	<u>0,003</u>	<u>0,013</u>
	7,5	5,7	0,38	0,014	0,002	0,010
август	<u>47,1</u>	<u>29,9</u>	<u>0,58</u>	<u>0,050</u>	<u>0,003</u>	<u>0,012</u>
	8,5	4	0,57	0,029	0,001	0,010
сентябрь	<u>47,7</u>	<u>28,3</u>	<u>0,44</u>	<u>0,066</u>	<u>0,004</u>	<u>0,012</u>
	8	4,4	0,36	0,023	0,002	0,005
октябрь	<u>55,3</u>	<u>25,8</u>	<u>0,47</u>	<u>0,089</u>	<u>0,003</u>	<u>0,010</u>
	11,5	2,7	0,42	0,025	0,002	0,004
ноябрь	<u>57,3</u>	<u>24,3</u>	<u>0,41</u>	<u>0,095</u>	<u>0,003</u>	<u>0,012</u>
	12,1	2,8	0,25	0,022	0,001	0,006
декабрь	<u>56,5</u>	<u>22,8</u>	<u>0,51</u>	<u>0,084</u>	<u>0,003</u>	<u>0,013</u>
	9,5	2,5	0,26	0,017	0,002	0,007

Хлориды (Cl). Сезонные диапазоны концентраций хлоридов совпадают с изменением концентраций сульфатов. Средняя годовая концентрация (C_{CP}) хлоридов в воде водохранилища составила 26,9 мг/дм³. Максимальная концентрация (C_{MAX}) наблюдалась перед началом весеннего половодья в апреле и составила 30,4 мг/дм³, а минимальная концентрация (C_{MIN}) - в декабре и составила 22,8 мг/дм³ (рисунок 13). Разница между значениями C_{MAX} и C_{MIN} внутри года составляла 7,6 мг/дм³ или 28%. $K_{из} = C_{MAX}/C_{MIN} = 1,33$.

Анализ показывает, что закономерности сезонной изменчивости содержания сульфатов и хлоридов в воде водохранилища схожие: наибольшие значения наблюдаются зимой перед началом весеннего половодья, а наименьшие - в пик весеннего половодья. В период зимней межени в водохранилище доминируют воды грунтового происхождения, которые начинают постепенно разбавляться талыми (почвенными поверхностными) водами. Сезонная изменчивость сульфатов и хлоридов в воде рек связана в основном с гидрологическим режимом водных объектов.

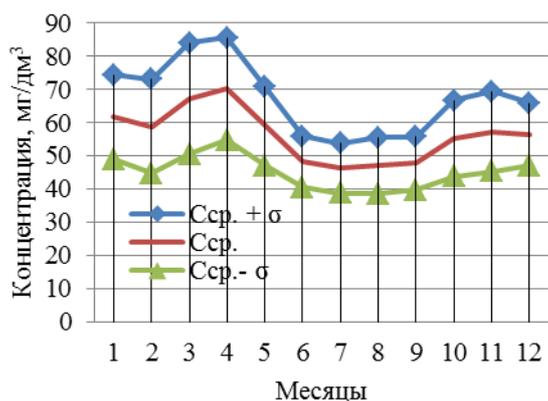


Рисунок 12 - Сезонная изменчивость концентрации SO_4^{2-}

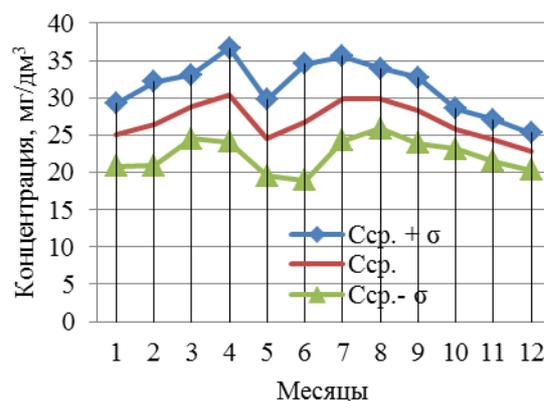


Рисунок 13 - Сезонная изменчивость концентрации Cl^-

Для Саратовского водохранилища характерным является соотношение (Cl^-/SO_4^{2-}), которое составляет **1:2**.

Нитраты (NO_3^-). Средняя годовая концентрация нитратов в воде водохранилища составила $0,75 \text{ мгN/дм}^3$ в пересчете на азот (N). Максимальная концентрация (C_{MAX}) нитратов наблюдалась перед началом весеннего половодья в апреле и составила $1,26 \text{ мгN/дм}^3$, а минимальная концентрация (C_{MIN}) - в ноябре и составила $0,41 \text{ мгN/дм}^3$ (рисунок 15). В летне-осеннюю межень концентрация нитратов снижалась из-за массового развития водорослей, зимой концентрация увеличивалась. Сезонный ход нитратов определялся физико-химическими и биологическими процессами, протекающими в водохранилище. Разница между значениями C_{MAX} и C_{MIN} внутри года составила $0,85 \text{ мгN/дм}^3$ или 113%. $K_{\text{из}} = C_{\text{MAX}}/C_{\text{MIN}} = 3,07$.

Фосфаты (PO_4^{3-}). Средняя годовая концентрация фосфатов в воде водохранилища составила $0,065 \text{ мгP/дм}^3$ в пересчете на фосфор (P). Внутри года концентрация фосфатов изменялась в пределах $0,029\text{-}0,095 \text{ мгP/дм}^3$. Максимальная концентрация (C_{MAX}) наблюдалась в период осенней межени, минимальная концентрация (C_{MIN}) - в период летней межени (рисунок 16). Что объясняется большим потреблением фосфатов водорослями в период их массового развития. Позднее, к концу осени концентрация фосфатов увеличивалась, и максимум приходился на начало зимы. Это происходило

главным образом из-за понижения температуры и прекращения развития фитопланктона. Разница между значениями C_{MAX} и C_{MIN} внутри года составила 0,070 мгР/дм³ или 108%. $K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN} = 3,28$.

В течение года концентрация нитратов изменяется в 7 раз, а фосфатов - в 5 раз. В период массового развития водорослей наблюдалась их минимальная концентрация. При этом, концентрация фосфатов падала до нуля. Для Саратовского водохранилища характерным является соотношение (PO_4^{3-}/NO_3^-), которое составляло **1:10**.

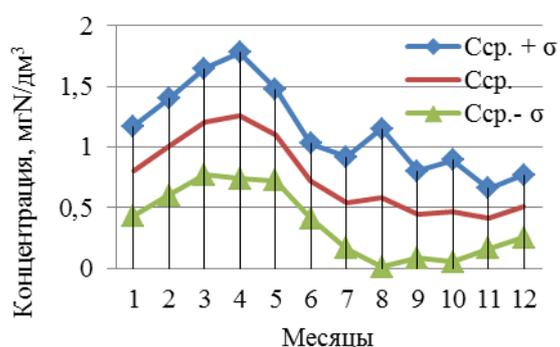


Рисунок - 14 Сезонная изменчивость концентрации NO_3^-

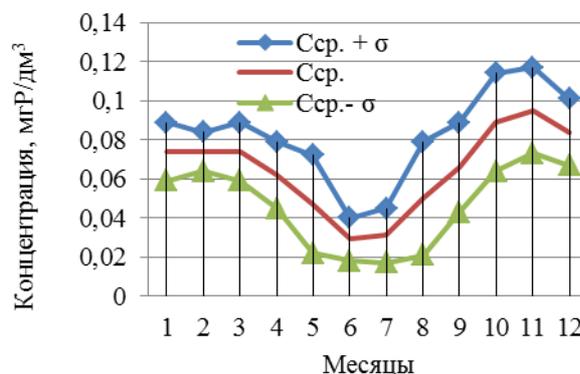


Рисунок - 15 Сезонная изменчивость концентрации PO_4^{3-}

Медь (Cu). Средняя годовая концентрация меди подразумевает все растворенные в воде формы и составила 0,0038 мг/дм³. Внутри года она изменялась в пределах 0,006-0,003 мг/дм³ (рисунок 16). Максимальная концентрация (C_{MAX}) наблюдалась в марте перед началом весеннего половодья. Затем концентрация в период летне-осенней межени постепенно уменьшалась и затем в течение зимней межени увеличивалась. Разница между значениями C_{MAX} и C_{MIN} внутри года составила 0,003 мг/дм³ или 79%. $K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN} = 2,0$.

Цинк (Zn) подразумевает все растворенные в воде формы. Средняя годовая концентрация Zn составила 0,011 мг/дм³. Внутри года она изменялась в пределах 0,008-0,015 мг/дм³ (рисунок 17). Максимальная концентрация (C_{MAX}) наблюдалась в мае и летне-осеннюю межень. Минимальная концентрация (C_{MIN}) наблюдалась в период зимней межени.

Сезонный ход цинка немного похож на сезонный ход меди. Разница между значениями C_{MAX} и C_{MIN} внутри года составила 0,007 мг/дм³ или 64%. $K_{из} = C_{MAX}/C_{MIN} = 1,88$.

Для Саратовского водохранилища характерным являлось соотношение меди и цинка, которое составляет **1:3**.

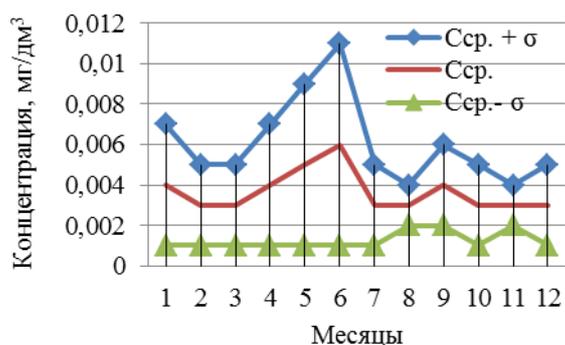


Рисунок -16 Сезонная изменчивость концентрации Cu

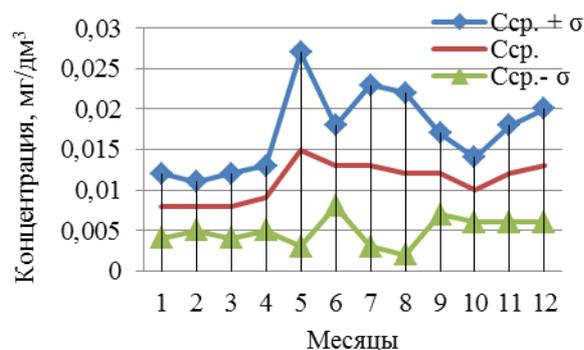


Рисунок 17 - Сезонная изменчивость концентрации Zn

Сезонная изменчивость качества поверхностных вод рек. На сезонную изменчивость концентрации веществ в воде оказывают влияние генетические категории вод местного стока. В период весеннего половодья «в реках формируются почвенно-поверхностные воды, соответствующие фазе стекания атмосферных вод в водотоки и водоемы по ручейковой сети, дренирующей склоны водосборов. В период летне-осенней межени в реках формируются почвенно-грунтовые воды, соответствующие фазе стекания атмосферных вод в водотоки и водоемы из толщи почво-грунтов по относительным водоупорам. В период зимней межени воды в реках формируются грунтовые воды, соответствующие фазе стекания инфильтрационных вод в водотоки и водоемы из водоносных горизонтов, расположенных в толще грунтов» [34]. Особенно сильно на реках меняется продолжительность и интенсивность весеннего половодья.

Сезонная изменчивость качества воды р. Большой Кинель изучена по данным наблюдений за 2010-2011 годы. Средние месячные концентрации исследуемых показателей представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Средняя концентрация веществ в воде р. Большой Кинель

Месяцы											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³											
357	371	377	167	220	301	307	334	286	310	317	307
Cl ⁻ , мг/дм ³											
84,0	88,5	97,4	42,7	54,2	68,6	70,9	77,6	72	69,3	71,5	82,2
NO ₃ ²⁻ , мгN/дм ³											
3,95	3,15	3,13	2,3	1,6	1,13	1,7	1,2	2,55	3,17	3,9	3,75
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³											
0,092	0,085	0,14	0,1	0,099	0,065	0,04	0,035	0,062	0,125	0,085	0,099
Cu, мг/дм ³											
0,004	0,006	0,003	0,006	0,004	0,006	0,004	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004
Zn, мг/дм ³											
0,008	0,01	0,009	0,005	0,008	0,009	0,008	0,007	0,011	0,009	0,009	0,007

Сульфаты (SO₄²⁻). Среднее годовое содержание сульфатов в воде составило 304 мг/дм³. Максимальная концентрация (C_{МАХ}) наблюдалась в конце зимней межени и составила 377 мг/дм³, а минимальная концентрация (C_{МИН}) - в период половодья и составила 167 мг/дм³ (рисунок 18). Разница между наибольшим и наименьшим значениями составила 210 мг/дм³ или 70% от среднего. $K_{ИЗ} = C_{МАХ}/C_{МИН} = 2,26$.

Хлориды (Cl⁻). Среднее годовое содержание хлоридов составило 73,2 мг/дм³. Максимальная концентрация (C_{МАХ}) наблюдалась в конце зимней межени и составило 97,4 мг/дм³, а минимальная концентрация (C_{МИН}) - в период половодья и составило 42,7 мг/дм³ (рисунок 19). $K_{ИЗ} = C_{МАХ}/C_{МИН} = 2,3$.

В период весеннего половодья вследствие разбавления талыми водами концентрация сульфатов и хлоридов в русловых водах резко падает. В период межени в анионном составе воды преобладают сульфаты. Для р. Б. Кинель характерным является соотношение между хлоридами и сульфатами, которое составило **1:4**, что существенно отличается от подобного соотношения на Саратовском водохранилище (**1:2**).

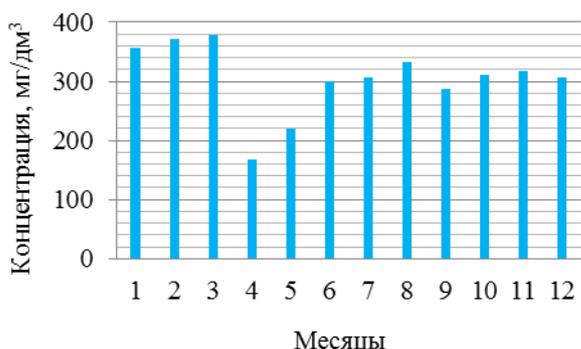


Рисунок 18 - Сезонная изменчивость концентрации SO_4^{2-}

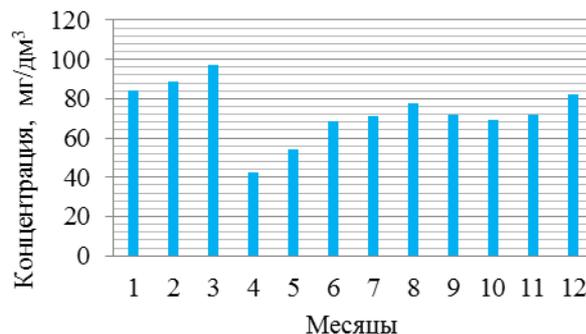


Рисунок 19 - Сезонная изменчивость концентрации Cl^-

Нитраты (NO_3^-). Средняя годовая концентрация нитратов составляет 2,63 мгN/дм³. Максимальная концентрация (C_{MAX}) наблюдалась в зимний период и составила 3,95 мгN/дм³, а минимальная концентрация (C_{MIN}) - в период летней межени и составила 1,20 мгN/дм³ (рисунок 20). $K_{из} = C_{MAX}/C_{MIN} = 4,5$.

Фосфаты (PO_4^{3-}). Средняя годовая концентрация фосфатов составила 0,086 мгP/дм³. Максимальная концентрация (C_{MAX}) наблюдалась в марте и составила 0,140 мгP/дм³, а минимальная - в период летней межени в августе и составила 0,035 мгP/дм³ (рисунок 21). $K_{из} = C_{MAX}/C_{MIN} = 4,0$.

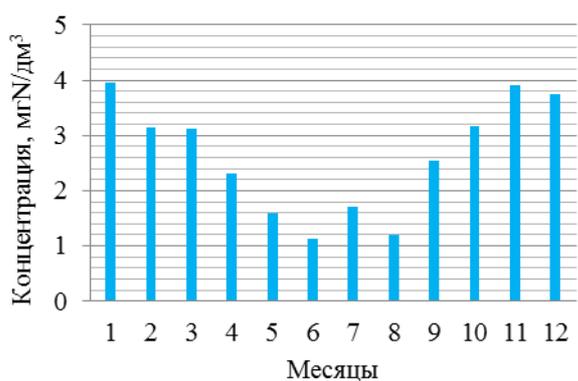


Рисунок 20 - Сезонная изменчивость концентрации NO_3^{2-}

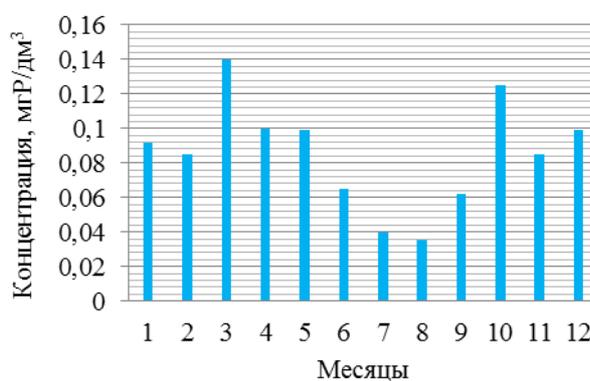


Рисунок 21 - Сезонная изменчивость концентрации PO_4^{3-}

Для реки Большой Кинель характерным является соотношение фосфатов и нитратов, которое составило **1:30**, что существенно отличается от подобного соотношения на Саратовском водохранилище (**1:10**).

Медь (Cu) подразумевает все растворенные в воде формы. Средняя годовая концентрация меди составила $0,0047 \text{ мг/дм}^3$. Сезонный ход содержания меди не прослеживался. Максимальная концентрация (C_{MAX}) составила $0,006 \text{ мг/дм}^3$, а минимальная концентрация (C_{MIN}) - $0,003 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 22). $K_{\text{ИЗ}} = C_{\text{MAX}}/C_{\text{MIN}} = 2,0$.

Цинк (Zn) подразумевает все растворенные в воде формы. Средняя годовая концентрация цинка составляет $0,0083 \text{ мг/дм}^3$. Сезонный ход не прослеживается. Максимальная концентрация (C_{MAX}) составила $0,011 \text{ мг/дм}^3$, а минимальная концентрация (C_{MIN}) - $0,005 \text{ мг/дм}^3$ (рисунок 23). $K_{\text{ИЗ}} = C_{\text{MAX}}/C_{\text{MIN}} = 2,2$.

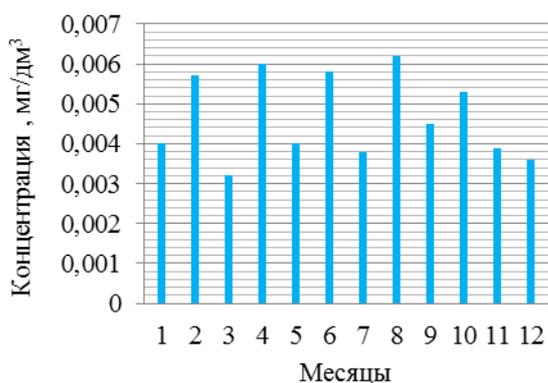


Рисунок 22- Сезонная изменчивость концентрации Cu

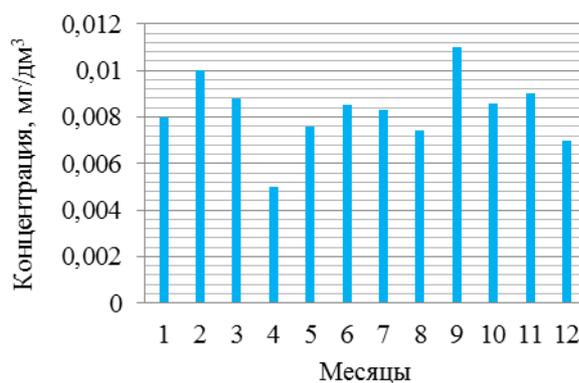


Рисунок - 23 Сезонная изменчивость концентрации Zn

Диапазон сезонных изменений ($C_{\text{MAX}} - C_{\text{MIN}}$) и коэффициент изменчивости ($K_{\text{ИЗ}} = C_{\text{MAX}}/C_{\text{MIN}}$) показателей качества воды оценен на реках: Сызранка, Большой Кинель, Чапаевка, Сок и Малый Иргиз (таблица 5).

По данным наблюдений установлено, что качество воды в реках и водохранилище не оставалось постоянным в течение года и характеризовалось сезонной изменчивостью, которая по своей величине сопоставима с пространственным разнообразием поверхностных вод в

бассейне Саратовского водохранилища. Сезонная изменчивость показателей качества воды индивидуальна для каждого речного бассейна.

Таблица 5 - Сезонная изменчивость содержания веществ в воде рек

Река	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Cl, мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мкгP/дм ³	Cu, мг/дм ³	Zn, мг/дм ³
Сок	$C_{MAX} - C_{MIN}$					
	532-103	54,3-17,4	2,33-0,38	0,165-0,020	0,006-0,002	0,026-0,011
	$K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN}$					
	5,2	3,1	6,1	8,3	3,0	2,4
Большой Кинель	$C_{MAX} - C_{MIN}$					
	377-71	97,4-42,7	5,13-1,13	0,140-0,035	0,006-0,003	0,011-0,005
	$K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN}$					
	5,3	2,3	4,5	4,0	1,9	2,2
Самара	$C_{MAX} - C_{MIN}$					
	177-49	39,1-10,6	2,15-0,53	0,223-0,034	0,004-0,001	0,012-0,004
	$K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN}$					
	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Чапаевка	$C_{MAX} - C_{MIN}$					
	356-93	400-100	1,83-0,35	0,192-0,026	0,007-0,002	0,027-0,011
	$K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN}$					
	3,8	4,0	5,2	7,4	3,9	2,5
Малый Иргиз	$C_{MAX} - C_{MIN}$					
	532-103	54,3-17,4	2,33-0,38	0,165-0,020	0,006-0,002	0,026-0,011
	$K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN}$					
	5,2	3,1	6,1	8,3	3,0	2,4
Сызранка	$C_{MAX} - C_{MIN}$					
	98-32	26,4-10,4	1,61-0,11	0,300-0,053	0,004-0,001	0,009-0,002
	$K_{ИЗ} = C_{MAX}/C_{MIN}$					
	3,1	2,5	14,6	5,7	3,6	3,6

Глава 2. Технология регулирования антропогенной нагрузки на водные объекты

Несовершенство системы нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты – это одна из основных причин нарушения нормального функционирования экосистем, а также ухудшения качества воды. Действующая система нормирования противоречива: с одной стороны – «разнообразие природных вод», а с другой «единообразие критериев нормирования». В качестве критериев нормирования применяются федеральные ПДК, которые одинаковы для всей территории России, зависят только от вида водопользования и не учитывают природных особенностей формирования природных вод.

«Концепция бассейнового нормирования основывается на следующих положениях:

- антропогенное воздействие не должно приводить к нарушению экологического состояния водных объектов и ухудшению качества вод;
- в каждом отдельно взятом бассейне или его части (водохозяйственный участок) формируется особенный состав воды, свойственный данной водосборной территории и зависящий от природно-климатических условий;
- разработка и внедрение региональных нормативов или бассейновых допустимых концентраций (БДК) направлено на сохранение и восстановление благоприятной среды обитания гидробионтов и нормальное функционирование экосистем;
- расчет бассейновых допустимых концентраций осуществляется на основе данных систематических гидрологических, гидрохимических и биологических наблюдений в различные экологические сезоны.

Разработка и внедрение БДК позволит исправить ситуацию, когда ПДК, с одной стороны, необоснованно завышены (нитраты и фосфаты), а с другой – занижены (медь и цинк) и не могут быть соблюдены в силу естественных причин, обусловленных природными особенностями водных объектов» [8].

2.1 Определение фоновых концентраций химических веществ в речной воде

«В настоящее время, основным механизмом регулирования точечных источников является разработка для них нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты. Главным недостатком действующей методики расчета НДС является использование в качестве критериев нормирования предельно допустимых концентраций (ПДК), значения которых определяются видом водопользования и не учитывают природных особенностей водных объектов»[1,2].

Для повышения эффективности существующей системы регулирования необходимо опираться на всесторонний анализ состояния водного объекта и воздействующих на него источников загрязнения, а также учитывать региональные и бассейновые особенности формирования качества вод, выявленные в результате мониторинга рек. Предлагаемая автором технология регулирования техногенного воздействия включает:

- определение фоновых концентраций химических веществ в речной воде по данным локального и фонового мониторинга качества речных вод;
- расчет техногенной составляющей формирования качества речных вод (на основе данных государственной статистической отчетности водопользователей по форме 2тп-водхоз) и данных государственного водного кадастра;
- разработка критериев регулирования техногенной нагрузки с учетом природных особенностей речных бассейнов;

- разработка нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ с учетом их генезиса.

Данная технология направлена на поэтапное сокращение сброса приоритетных загрязняющих веществ с учетом природных особенностей речных бассейнов.

Определение фоновых концентраций химических веществ в речной воде. «Предлагаемый метод фонового и локального мониторинга (наблюдение, оценка и прогнозирование антропогенных изменений) качества вод опирается на диагностику пространственных неоднородностей. Ведение мониторинга, в части наблюдений, осуществляется с применением информационно-измерительных систем зондирования воды с последующей идентификацией разнородных водных масс по химическим показателям»

До начала организации и ведения мониторинга анализируются результаты инвентаризации и ранжирования точечных источников загрязнения. В районах сброса сточных вод осуществляется зондирование водной массы для определения границ зон загрязнения. Зондирование проводится с плавательного средства по интегральным показателям качества воды.

«При данном подходе фоновые районы определяются как районы, не входящие в зоны загрязнения отдельных точечных источников, хотя и подверженные общему антропогенному давлению регионального характера. В результате вся акватория водного объекта подразделяется на фоновые районы и зоны загрязнения.

Зондирование в сочетании с традиционным отбором проб воды на химический анализ позволяют осуществлять картирование зон загрязнения с установлением коэффициентов разбавления. На эту же карту наносятся результаты биологического тестирования загрязненной воды при различном удалении от источника загрязнения. Таким образом, становится возможным оконтуривание не только самих зон загрязнения, но и ее наиболее опасных в эколого-токсикологическом отношении частей водного объекта. При таком

подходе резко сокращается количество отбираемых проб воды на химический и биологический анализы, так как места отбора проб назначаются, обосновано, исходя из результатов зондирования водной массы. Оценка качества вод дается отдельно для фоновых районов и зон загрязнения» [57].

Фактические фоновые концентрации химических веществ определяются по данным систематических наблюдений в реке вне зон загрязнения и рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{ФОН}} = \sum C_{\text{а,б,в...}} / (n-1), \quad (1)$$

где $C_{\text{ФОН}}$ – фоновая фактическая концентрация загрязняющего вещества, $C_{\text{а,б,в...}}$ – значения концентрации вещества в выборке, n – количество членов в выборке.

Прогнозируемые фоновые концентрации определяются на основе комплекса верифицированных математических моделей, предназначенных для расчета распространения загрязняющих веществ. Сочетание натурального эксперимента и математического моделирования позволяет оперативно оценивать и прогнозировать антропогенное воздействие на реки от точечных источников и получать достоверную информацию для выделения фактической и прогнозируемой антропогенной составляющей формирования качества вод в речных бассейнах.

Как правило, зоны загрязнения на реках сформированы в районах населенных пунктов и предприятий, осуществляющих сброс сточных вод. В этих локальных зонах концентрация веществ значительно превышает фоновые показатели, наблюдается нарушение структуры и функционирования биоценозов. Наиболее наглядно зоны загрязнения на реках хорошо видны в зимний период, так как сточные воды, как правило, имеют положительную температуру.

«Одним из наиболее эффективных способов оценки и прогнозирования антропогенного воздействия на качество вод водных объектов является метод математического моделирования. В условиях постоянной опасности возникновения аварийных ситуаций и техногенных катастроф этот метод может быть единственным средством прогноза загрязнения водотоков. Однако, отсутствие надежной верификации математических моделей по данным натурных наблюдений является сдерживающим фактором их применения в целях прогнозирования антропогенных изменений качества вод.

Предлагаемые методы и средства локального мониторинга принципиально отличаются от существующих методов мониторинга качества вод на территориальном и бассейновом уровнях. И это объяснимо, так как локальный мониторинг ориентирован на регулирование качества вод, а фоновый мониторинг – на констатацию уровня загрязнения»[59].

2.2 Расчет техногенной составляющей формирования качества речных вод

«Оценка и анализ величин антропогенной нагрузки является необходимым элементом при организации и ведении локального мониторинга качества вод водных объектов. Без детального изучения нагрузки невозможно выявление связей между количеством сбрасываемых загрязняющих веществ в составе сточных вод и концентрациями химических веществ в воде водных объектов.

Существуют различные подходы к оценке антропогенной нагрузки на водные объекты от точечных источников загрязнения. В большинстве своем под «нагрузкой» понимается масса веществ, поступающая непосредственно в водный объект со сточными водами от береговых или русловых выпусков. При этом не учитываются ни параметры водных объектов, ни их расположение в различных природно-климатических условиях.

При определении антропогенной нагрузки предлагается учитывать объем сбрасываемых сточных вод, массу загрязняющих веществ в составе сточных вод, водный сток, а также фоновые показатели качества вод водных объектов. В этом случае, антропогенная нагрузка не остается постоянной при прочих равных условиях, а существенно зависит не только от объема сточных вод и массы загрязняющих веществ, но и от изменчивости водного стока и фоновых концентраций веществ в воде» [66].

«С учетом предполагаемого регулирования антропогенная нагрузка оценивается по нескольким составляющим. С одной стороны, определяется нагрузка сточными водами, а с другой, нагрузка загрязняющими» [70] веществами.

«Нагрузка водного объекта сточными водами рассчитывается» [70] по формуле:

$$N = 100 \cdot \sum_{j=1}^n q_j / Q, \quad (2)$$

где N - нагрузка сточными водами (%); q_j – годовой расход сточных вод ($\text{м}^3/\text{с}$), поступающих от j -ого источника, где $j = 1, 2 \dots n$ – порядковые номера точечных источников загрязнения; Q – годовой расход реки ($\text{м}^3/\text{с}$)» [70].

Но величина нагрузки реки сточными водами не учитывает качество сточных вод, сбрасываемых в реки.

«Предлагается разложить антропогенную нагрузку по отдельным загрязняющим веществам. Следовательно, нагрузка определяется как соотношение массы загрязняющих веществ в составе сточных вод к водному стоку реки. Расчет нагрузки по конкретным загрязняющим веществам представляется :

$$N_i = \sum_{j=1}^n m_{ji} / Q, \quad (3)$$

где N_i – нагрузка i -м загрязняющим веществом (т/км^3), m_{ji} – масса i -ого вещества в составе сточной воды j -ого источника (т/год) » [69].

«При таком подходе становится возможным разложить нагрузку по отдельным составляющим (азотная, фосфорная, сульфатная, хлоридная и т. п.)» [70] и проранжировать нагрузку для конкретного водного объекта. Величина N_i является техногенной составляющей формирования качества природных вод.

«Для оценки антропогенной нагрузки по всему спектру загрязняющих веществ целесообразно учитывать суммарную антропогенную нагрузку загрязняющими веществами» [70]:

$$N = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n m_{ji} / Q, \quad (4)$$

«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:

$$N_i = N_i / C_{\text{ФОН}i} \quad (5)$$

где N_i – нормированная нагрузка i -м загрязняющим веществом (безразмерная величина); $C_{\text{ФОН}i}$ – фоновая концентрация i -го вещества» [70].

«Суммарную нормированную нагрузку загрязняющими веществами представим в следующем виде:

$$N = \sum_{i=1}^p N_i . \quad (6)$$

Предлагаемый подход позволяет количественно оценивать и сравнивать между собой антропогенную нагрузку на реки от точечных

источников загрязнения, расположенных в различных природно-климатических зонах и имеющих широкий диапазон величин водного стока» [70].

2.3 Апробация методики расчета БДК на примере Саратовского водохранилища

В работах С.А. Патины (1979), Г.Д. Замолодчикова (1993), Г.Т. Фрумина (2000) и С.Д. Беляева (2006) используются математико-статистический подход в различных модификациях «для определения порогов экологической толерантности на основе естественных колебаний воздействующих факторов среды или параметров, присущих экологическому объекту, с помощью анализа распределения вероятностей» [18].

При достаточно большом наборе данных верхнюю границу «выпадающих» из нормального распределения значений предлагается рассматривать как экологически допустимый уровень содержания загрязняющих веществ: $ЭДУ = ВК + 1,5 (ВК - НК)$, где ВК – верхний и НК – нижний квартиль значений. «Верхняя граница «выпадающих» значений рассматривается как экологически допустимый уровень для тех факторов, с возрастанием значений которых связано ухудшение экологического состояния» [19].

При нормальном статистическом распределении концентраций ингредиентов построение расчетных оценок на основе средних арифметических значений является наиболее оптимальным. Также немаловажную роль играет простота и обработанность оценки определения погрешности данного критерия.

На основании изложенного подхода Д.Г. Замолодчиковым были установлены ЭДУ для воды рек шести бассейнов. Для данных, которые не подчиняются закону нормального распределения, предложено (Лукашев, 2006) рассчитывать экологически допустимый диапазон (ЭДД) значений, исходя из колебаний значения относительно медианы, которое более

адекватно, чем среднее, характеризует состояние экосистемы по данному параметру» [32].

Представляется целесообразным разработать бассейновые допустимые концентрации (БДК) для веществ двойного генезиса на основе данных мониторинга водных объектов. Для веществ антропогенного происхождения, особенно веществ 1 и 2 классов опасности, нормирование продолжать осуществлять на основе федеральных ПДК.

Для крупных и средних рек целесообразно нормирование осуществлять для верхнего, среднего и нижнего течения реки. При этом границы деления производить с учетом впадения боковых притоков.

На реках целесообразно выделять следующие гидрологические сезоны: зимнюю межень, весеннее половодье и летне-осеннюю межень. Самый короткий гидрологический сезон – это весеннее половодье, а самый продолжительный – летне-осенняя межень.

«Бассейновые допустимые концентрации (БДК_{ij}) для конкретного *i*-го вещества в *j*-ый гидрологический сезон предлагается рассчитывать для бассейна или его участка по формуле:

$$\text{БДК}_{ij} = (C_{ij} + K_{ij} \times \sigma_{ij}) - \Delta H_{ij}, \quad (7)$$

где C_{ij} – средняя концентрация *i*-го вещества в фоновом створе *j*-го экологического сезона; K_{ij} – коэффициент, учитывающий уровень обеспеченности, σ_{ij} – среднеквадратичное отклонение, ΔH_{ij} – антропогенная составляющая концентрации *i*-го вещества в *j*-ый гидрологический сезон определяется по формуле:

$$\Delta H_{ij} = m_{ij} / Q_{ij}, \quad (8)$$

где m_{ij} – масса *i*-го вещества, поступающая в *j*-й экологический сезон в водохранилище в составе сточных вод; Q_{ij} – сезонный сток водохранилища. Для водных объектов с незначительной антропогенной нагрузкой Δm_{ij} приравнивается к нулю.

Предполагается, что коэффициент, учитывающий уровень обеспеченности (K_{ij}), в формуле 7 зависит от закона распределения членов ряда в выборке»[9]. В данной работе условно принято, что концентрация большинства рассматриваемых веществ в воде подчиняются нормальному закону распределения. Однако, существует мнение, что традиционные схемы расчета, основанные на представлении о нормальности статистических распределений ингредиентов дают завышенные значения.

«Границы экологических сезонов зависят от природно-климатических условий водного объекта и не совпадают с календарными сезонами года. Предлагается выделять гидрологические сезоны исходя из совместного анализа внутригодовых изменений расходов и температуры воды. Выделяется три гидрологических сезона: зимняя межень, весеннее половодье и летне-осенняя межень» [38]. На реках и водохранилищах границы гидрологических сезонов не совпадают.

Для апробации методики определения БДК выбран верхний створ Саратовского водохранилища, где на стационарном пункте ежемесячно осуществляются многолетние (2000-2015 гг.) наблюдения за расходами и качеством воды. Данные о качестве воды представлены в приложении 3. Сведения о расходах воды на входном и замыкающем створах водохранилища получены по данным многолетних наблюдений на Жигулевской и Саратовской плотинах.

Определение границ гидрологических сезонов. Исходя из режима водного стока, обычно на водотоках выделяют три гидрологических сезона: зимнюю межень, весеннее половодье и летне-осеннюю межень. Границы и продолжительность сезонов на конкретном водотоке зависят от климатических условий, в которых расположен водоток.

На водохранилищах границы и продолжительность сезонов определяются не только природными, но и антропогенными факторами. Регулирование водного стока на водохранилищах приводит к изменению границ и продолжительности сезонов.

«Для определения границ гидрологических сезонов на Саратовском водохранилище были использованы многолетние данные о расходах воды» [47] на Жигулевской плотине (входной створ) и на Саратовской плотине (замыкающий створ). Исходя из анализа природно-технических гидрографов на входном створе Саратовского водохранилища – Жигулевская плотина (рисунок 25) и в замыкающем створе – Балаковская плотина (рисунок 26) можно выделить два гидрологических сезона: весеннее половодье и меженный период. Граница между зимней меженью и весенним половодьем определяется по увеличению расходов воды. Выделение летне-осенней межени и зимней межени осуществлено из анализа термического режима водохранилища (переход температуры воды через +4 С)» [44].

Период весеннего половодья на Саратовском водохранилище включает следующие месяцы: апрель, май и июнь. Период зимней межени включает декабрь, январь, февраль и март. Период летне-осенней межени включает июль, август, сентябрь, октябрь и ноябрь. В каждый конкретный год границы гидрологических сезонов и их продолжительность меняются исходя из гидрометеорологических условий и режима регулирования водного стока. Наибольшей изменчивости подвержен сезон весеннего половодья. В многоводные годы сезон весеннего половодья увеличивался, а в маловодные годы – уменьшался.

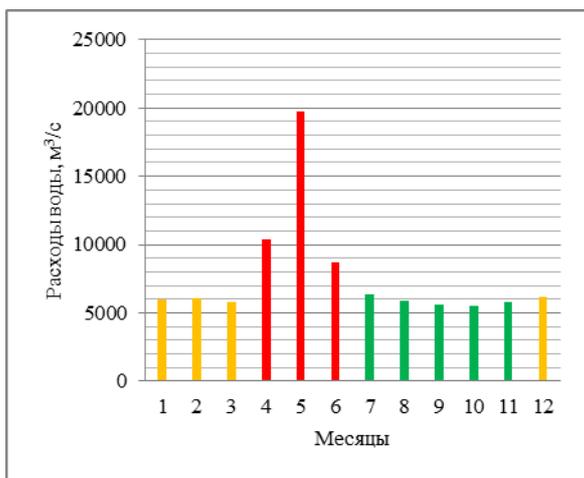


Рисунок 25 - Гидрограф Волги (Жигулевская плотина)

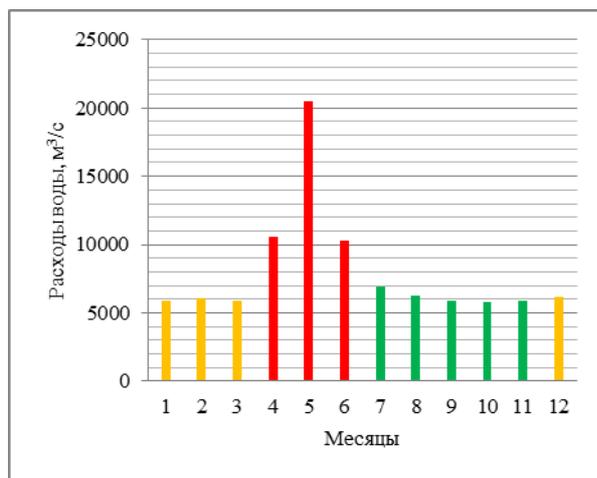


Рисунок 26 - Гидрограф Волги (Саратовская плотина)

Расчеты БДК на Саратовском водохранилище. Расчеты $BДК_{ij}$ на Саратовском водохранилище выполнены по формуле 7 для трех гидрологических сезонов отдельно по каждому веществу на основе данных многолетних наблюдений. С целью формирования однородных рядов расчет осуществлялся в два этапа. Сначала расчет статистических характеристик: среднее (C_{cp}), максимальное (C_{max}), минимальное (C_{min}) и стандарт (σ) концентрации конкретного вещества осуществлялся для каждого месяца отдельно. При этом в выборке анализировались «значительные» отклонения членов ряда от средних значений. Далее месячные ряды объединялись в сезонные ряды. На данном этапе для расчета принято, что $\Delta H_i = 0$. Исходя из предположения о нормальном законе распределения членов ряда, безразмерный эмпирический коэффициент K , для исследуемых веществ, был принят равным 2,0.

БДК - это верхняя доверительная граница 95% - ной обеспеченности возможных средних значений концентрации вещества. В качестве примера на графиках показаны линии значений (C_{cp} , $C_{cp} + \sigma$, $C_{cp} + 2\sigma$ или БДК, C_{max}) для хлоридов (рисунок 25) и нитратов (рисунок 26). «На рисунках видно, что линия БДК практически совпадает с линией максимальных наблюдаемых значений (C_{max}), что подтверждает выдвинутую гипотезу о нормальном законе распределения концентраций веществ» [44], хотя и не все исследователи с этим согласны.

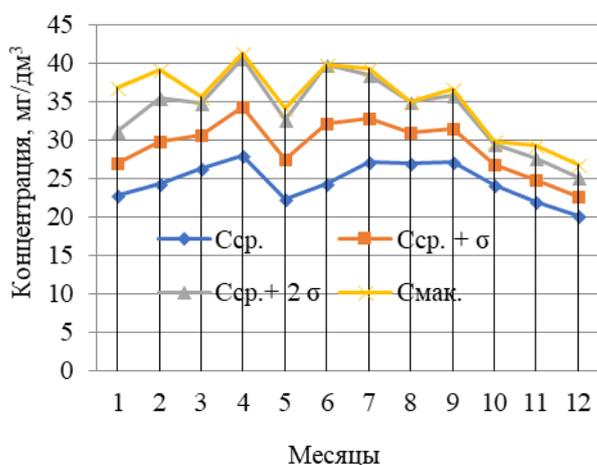


Рисунок 25 - Определение БДК для Cl^-

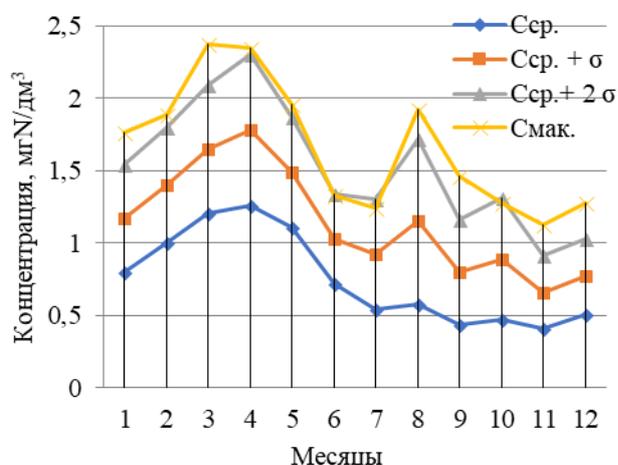


Рисунок 26 - Определение БДК для NO_3^-

Для Саратовского водохранилища сравнение полученных бассейновых допустимых концентраций (БДК) и действующих федеральных ПДК_{Р/Х} показало, что они существенно отличаются друг от друга. БДК для сульфатам (SO_4^{2-}), хлоридам (Cl^-), нитратов (NO_3^-) и фосфатов (PO_4^{3-}) меньше ПДК_{Р/Х}, а по меди (Cu) и цинку (Zn), наоборот - больше ПДК_{Р/Х} (табл. 6). Если оценивать качество воды Саратовского водохранилища по ПДК_{Р/Х}, то волжская вода не соответствует нормативным требованиям и является загрязненной.

Таблица 6 - Сравнение БДК и ПДК для Саратовского водохранилища

Показатели	Единицы измерения	БДК-1	БДК-2	БДК-3	ПДК _{Р/Х}
SO_4^{2-}	мг/дм ³	84	60	73	100
Cl^-	мг/дм ³	35	25	30	300
NO_3^-	мгN/дм ³	0,9	1,1	0,4	9,1
PO_4^{3-}	мгP/дм ³	0,10	0,06	0,08	0,2
Cu	мг/дм ³	0,005	0,004	0,004	0,001
Zn	мг/дм ³	0,012	0,016	0,013	0,01

Примечание: жирным шрифтом выделены значения БДК превышающие ПДК

Для Саратовского водохранилища столь «жесткие» ПДК_{Р/Х} по меди (Cu) и цинку (Zn) не обоснованы с экологических позиций. Концентрация этих веществ в волжской воде на уровне 0,004-0,005 мг/дм³ для меди и на уровне 0,012-0,016 для цинка мг/дм³ связаны с природными особенностями водохранилища и не оказывают негативного воздействия на функционирование экосистемы водохранилища. Кроме того, биотестирование на водорослях и зоопланктоне, проводимое в ИЭВБ РАН, показало, что такая концентрация меди и цинка в волжской воде не оказывает ни острую, ни хроническую токсичность.

Таким образом, ПДК_{Р/Х} по меди (Cu) и Zn не могут быть соблюдены в силу естественных причин из-за природного геохимического фона. При этом их превышение ПДК_{Р/Х} не создает каких-либо затруднений для водопользования, и стремиться к достижению этих нормативов для таких условий просто нереально. Подобное «мягкое» нормирование на основе ПДК_{Р/Х} по нитратам (NO_3^-) и фосфатам (PO_4^{3-}) недопустимо, так как они

оказывают существенное влияние на процессы эвтрофирования водохранилища и способствуют ухудшению качества воды.

Совершенно очевидно, что введение бассейновых нормативов (БДК) на водохранилищах позволит по другому оценить биогенную нагрузку, в частности, по нитратам и фосфатам, и будет способствовать сокращению их сброса, что положительно скажется на экологическом состоянии водных объектов и на улучшении качества воды.

Глава 3. Решение по предотвращению эвтрофикации водоемов

Активные темпы развития промышленных предприятий и городских территорий способствуют возрастанию загрязнения природных водоемов сточными водами. Содержащиеся в стоках биогенные вещества, такие как углерод, азот, фосфор, активизируют процессы антропогенного эвтрофирования и приводят к ухудшению качества природных вод в целом. Большинство действующих в России сооружений очистки городских стоков основано на применении традиционной биотехнологии, дающей низкий процент очищения от фосфатов. В результате на многих объектах требования нормативных документов по сбросу фосфора не выполняются. Поэтому в настоящее время, не смотря на наличие большого количества технологий очистки сточных вод от фосфатов, разработка эффективных и финансово-обоснованных способов очистки является актуальной.

Физико-химические методы очистки получили наибольшее распространение в системах очистки производственных сточных вод. «На городских очистных сооружениях физико-химические методы применяют, как правило на стадии доочистки сточных вод.

К методам физико-химической очистки производственных сточных вод относятся: реагентная очистка, сорбция, экстракция, эвапорация, дегазация, ионный обмен, озонирование, электрофлотация, хлорирование, электродиализ и др.

Глубокая очистка сточных вод может потребоваться, если в сточной воде после полной биологической очистки перед сбросом в водоем необходимо снизить концентрацию взвешенных веществ, величину показателей БПК, ХПК и др. Глубокая очистка сточных вод от соединений азота и фосфора может осуществляться физико-химическими и биологическими методами» [41].

3.1 Характеристика ливневой канализации Комсомольского района г. Тольятти

«Ливневая канализация с очистными сооружениями ливневых стоков в Комсомольском районе г. Тольятти построена в 1977г. по проекту государственного института по проектированию дорожно-транспортных сооружений «Гипрокоммундортранс» (г. Москва)» [61] в соответствии со СНиП П-32-74 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

«Бассейном сбора ливневых сточных вод является Комсомольский район г. Тольятти» [61].

Площадь водосборного бассейна дождевых и талых вод составляет 430,2 га. Сброс ливневых сточных вод осуществляется в Куйбышевское водохранилище в район порта в непосредственной близости от плотины Волжской ГЭС им. В. И. Ленина.

В зависимости от вертикальной и горизонтальной планировки территория Комсомольского жилого района разбита на 2 водосборных бассейна общей площадью 430,2 га.

В бассейн 1 входят водостоки:

2- по ул. Коммунистической (главный);

5- по ул. Матросова (главный);

6- по ул. Чайкиной (боковой-уличный);

8- по ул. Мурысева;

10- по ул. Механизаторов.

Общая протяженность водостоков бассейна 1 равна 5 736 п.м, диаметры труб от 0,3 до 1,4 м, водосборная площадь бассейна 1 составляет 255,2 га.

В бассейн 2 входят водостоки:

по ул. Громовой (главный) - не построен

1- по ул. Ярославской (главный),

- по ул. Чайкиной (боковой-уличный),

9- по ул. Мурысева,

3 и 4- по ул. Коммунистической (главный).

Общая протяженность водостока бассейна 2 - 3 001,5 п. м, диаметры труб от 0,3 до 1,2 м, водосборная площадь бассейна 2 составляет 175,0 га.

На низовых участках водостоков № 1 и № 2 по ул. Коммунистической выполнено устройство двух разделительных камер, направляющих основные расходы загрязненного ливневого стока (при обильных дождях и сильных паводках) в водостоки № 3 и № 4 с последующим сбросом на очистные сооружения. «На очистку направляется (по проекту) до 94% общего среднегодового количества наиболее загрязненного стока» [61].

Режим работы водосточной сети - самотечный.

Перед сбросом в Куйбышевское водохранилище сточные воды должны проходить «механическую очистку на очистных сооружениях ливневой канализации ОСЛК» [61] (рисунок 27).

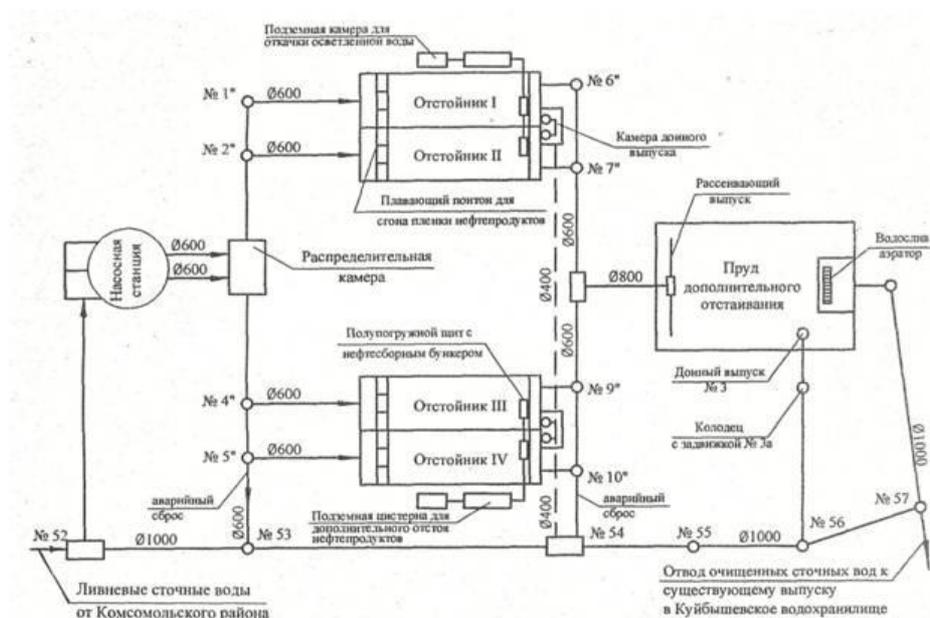


Рисунок 27 – Принципиальная схема очистных сооружений ливневых сточных вод

«Очистные сооружения ливневых стоков введены в действие в марте 1993г.» [62] и «расположены в Комсомольском районе г. Тольятти (элеватор)

на расстоянии 1 км от берега Куйбышевского водохранилища. Занимаемая площадь - 2,25 га» [62].

Комплекс сооружений для очистки поверхностного стока состоит «из насосной станции, 4-х параллельных горизонтальных отстойников, пруда дополнительного отстаивания, водослива-аэратора» [62], обгонного водостока и системы подводящих и водоотводящих трубопроводов. В качестве основного оборудования на «насосной станции для перекачки ливневых стоков установлены 2 насоса Д-3200-33 производительностью 2500 м³/час, Н = 17 м, мощностью 132 кВт, N = 730 об/мин.

«Плавающий мусор задерживается на решетках приемной камеры насосной станции, откуда периодически удаляется решеткоочистной машиной РЗ-65» [62].

Четыре открытых горизонтальных отстойника длиной 72 м, шириной 6 м. Глубина проточной части отстойников 3 м. Отстойники «предназначены для задержания основной массы взвешенных веществ и нефтепродуктов. Отстойники работают параллельно и любой из них может быть отключен путем установки шандорных затворов в распределительных камерах»[28].
Время отстоя 2 часа.

«Основная масса взвешенных веществ (минеральные частицы, в основном, песок) задерживается и накапливается в осадочной части, удаляется насухо экскаватором мере необходимости»[29].

Выступившие в пленку нефтепродукты сгоняются плавающим понтоном к приемному бункеру. Понтон приводится в движение ручной лебедкой типа ЛР-1, может двигаться в обоих направлениях.

Из бункера нефтепродукты по стальному трубопроводу поступают в цистерну дополнительного отстаивания. Дополнительный отстой в течение 1-2 суток необходим, так как собранные нефтепродукты содержат большое количество воды. После отстоя вода сливается в водозаборный колодец, нефтепродукты откачиваются ручным насосом и вывозятся на пункт утилизации.

Из отстойников отстаиваемая жидкость «поступает в пруд дополнительного отстаивания, предназначенный для задержания тонкодисперсных веществ»[29] и оставшееся количества нефтепродуктов крупностью менее 100 мк. Параметры пруда: площадь зеркала пруда составляет 6000 м²; объем пруда - 10632 м³; длина пруда - 150 м; ширина пруда - 40 м; глубина пруда - 2 м.

Берегоукрепление пруда предусмотрено в виде бетонированного откоса наложением 1:2. По ложу пруда устроен глиняный противофильтрационный экран толщиной 30 см с пригрузкой слоем чистого песка толщиной 20 см.

Время отстаивания 4,09 часа. Для равномерной загрузки пруда подача воды в него осуществляется через донный рассеивающий выпуск.

Для насыщения отстоянной воды кислородом после пруда устраивается 3-х ступенчатый водослив-аэратор. Величина перепада уровней каждой ступени 0,40 м, длина водосливного фронта 6 м.

Водослив-аэратор выполнен в монолитном железобетоне с перекрытием из железобетонных плит. Состоит из водосливных отверстий в виде тонкой зубчатой стенки с зубчатым щитом над ней (зубья стенки и борта обращены друг к другу остриями).

Выпуск очищенной воды в самотечном режиме в бухту водохранилища через оголовок с рыбозащитным устройством.

В аварийных случаях (как падение напряжения на насосную станцию, серьезные неисправности, устранение которых требует отключения очистных сооружений) предусмотрен обгонный водосток, по которому путем открытия щитового затвора в камере-52 ливневые «воды направляются на выпуск, минуя очистные сооружения.

Очистные сооружения имеют периодический - сезонный характер работы. На зимний период отстойники отключаются»[29], вода из них должна быть выпущена.

Очищенные ливневые воды поступают в водохранилище через поверхностный выпуск - раструбный оголовок с гасителем. Конструкция оголовка рассчитана на постоянный и периодический режимы работы трубопровода.

Работа гасителя основана, главным образом, на гашении кинетической энергии путем удара струи о преграду и частично на перераспределении струи.

Оголовок с гасителем представляет собой водобойную камеру, выполненную из монолитного железобетона.

Для погашения вибрационных воздействий, возникающих при ударе воды о решетку, днище гасителя принято толщиной 0,5 м. Днище армируется двумя рядами арматурных сеток.

Камера гашения ограничена с боков стенками толщиной 0,2-0,4 м. Сопряжение камеры с отводящим каналом производится с помощью ныряющих стенок. В начале и в конце днища камеры устанавливаются бетонные зубья на глубину 1,0 м толщиной 0,5 м. Гашение избыточной кинетической энергии быстротекущего потока производится путем расщепления и удара потока о решетку. Решетки гасителя установлены в три ряда

Трехступенчатый водослив аэратор обеспечивает концентрацию кислорода в очищенной воде на выпуске в водохранилище - 6,19 мг/л.

Мощность очистных сооружений для дождевого стока составляет 1991 м³/с для талого (весеннего) стока - 2330 м³/сутки. Общий сброс с очистных сооружений 418106 (523000) м³/год очищенного стока.

Загруженность ОСЛК составила 178250 м³/год, или 34% от проектной мощности. Неполная загрузка ОСЛК связана с «тем, что система ливневой канализации Комсомольского района построена не полностью» [58].

После ОСЛК сброс осуществляется с левого берега в мелководную часть бухты Куйбышевского водохранилища через береговой выпуск с диаметром 1000 мм. Отметка залегания оголовка выпуска составляет 52,10 м

в Балтийской системе координат. Из-за резких сезонных колебаний уровня воды в районе сброса сточных вод выпуск ливневых сточных вод периодически оказывается то выше, то ниже уровня воды.

3.2 Качество ливневых сточных вод Комсомольского района г.

Тольятти

Объем ливневых воды Комсомольского района (таблица 7) составляет 154,3 тыс м³/год. По результатам лабораторных исследований качества воды ливневых вод по ряду показателей наблюдается несоответствие нормативным требованиям, предъявляемым к водоемам рыбохозяйственного назначения, которым является Куйбышевское водохранилище. Несоответствие нормативов наблюдается по взвешенным веществам, по фосфатам, по меди, нефтепродуктам.

Таблица 7 - Протокол химического анализа ливневых сточных вод Комсомольского района г. Тольятти

№ п/п	Показатели	Ед. изм-я	ПДК рыбохоз. водоемов	Концентрация		
				Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
Общие показатели						
1	БПК 5	мг/л	2,0	1,0	2,2	2,4
2	Взвешенные вещества	мг/л	Сф+0,25	14,8	13,5	14,2
3	Сухой остаток	мг/л	1000,0	868	186	209
Санитарные показатели						
4	Фосфаты	мг/л	0,2	0,47	0,19	0,20
Санитарно-токсикологические показатели						
5	Нитрат-анион NO ₃ ⁻ (по N)	мг/л	40,0	13,3	6,2	5,8
		мгN/л	9,1	3,1	1,5	1,3
6	СПАВ анионактивный	мг/л	0,1	0,01	0,042	0,048
7	Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/л	100,0	88,5	55,6	58,4
8	Хлориды (CL ⁻)	мг/л	300,0	193,6	6,6	7,4
Токсикологические показатели						
9	Аммоний-ион NH ₄ ⁺ (по N)	мг/л	0,5	н/о	0,87	0,91
		мгN/л	0,39	н/о	0,68	0,71
10	Железо общее (Fe)	мг/л	0,1	0,020	0,084	0,076
11	Нитрит-анион NO ₂ ⁻ (по N)	мг/л	0,08	0,14	0,46	0,49
		мгN/л	0,02	0,04	0,14	0,15

Продолжение таблицы 7

12	Медь	мг/л	0,001	0,0022	0,0055	0,0064
13	Цинк	мг/л	0,01	0,0064	0,0098	0,0095
Рыбохозяйственные показатели						
14	Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,065	0,065	0,037
15	Окисляемость перманганатная	мг/л	-	2,4	5,4	6,6

3.3 Реконструкция очистных сооружений ливневых сточных вод Комсомольского района

«В процессах обработки воды применяется большое количество реагентов и материалов: соли, кислоты щелочи сорбенты. Реагенты поставляются в твердом, жидком или газообразном состоянии. От свойств реагента зависят условия его хранения и подготовки к дозированию в воду.

В состав реагентного хозяйства входит склад хранения коагулянта , растворные баки (не менее 3), расходные баки (не менее 2), насосы-дозаторы, воздухоподувки и трубопроводы.

При использовании в качестве коагулянтов солей алюминия в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок» [58].

Принцип действия технологической схемы, предлагаемой для очистки ливневых сточных вод Комсомольского района, представленной на рисунке показанной на рисунке 28 основан на коагулировании и последовательном осветлении воды в отстойниках.

Сточная вода подается в смеситель. Одновременно с тем, в смеситель подаются химические вещества (реагенты), приготовленные в цехе (реагентное хозяйство). После смешения с реагентами поступает в камеру хлопьеобразования, где происходит физико-химический процесс слипания

взвешенных и коллоидальных частиц в более крупные хлопья. В дальнейшем вода попадает в отстойник, где движется с низкой скоростью.

Хлопья коагулянта, частицы взвеси поднимаются восходящим потоком воды, пока скорость выпадения их не приравняется к скорости восходящего потока. «Выше этого сечения образуется слой взвешенного осадка, через который фильтруется осветленная вода. При этом наблюдается процесс прилипания частиц взвеси к хлопьям коагулянта. На этом этапе основная масса образовавшихся хлопьев выпадает в осадок (на дно отстойников), отделяясь от обрабатываемой воды» [46].

Главным преимуществом предлагаемой схемы является использование отстойников совместно с камерами хлопьеобразования, что позволит очищать воду любой цветности и мутности.

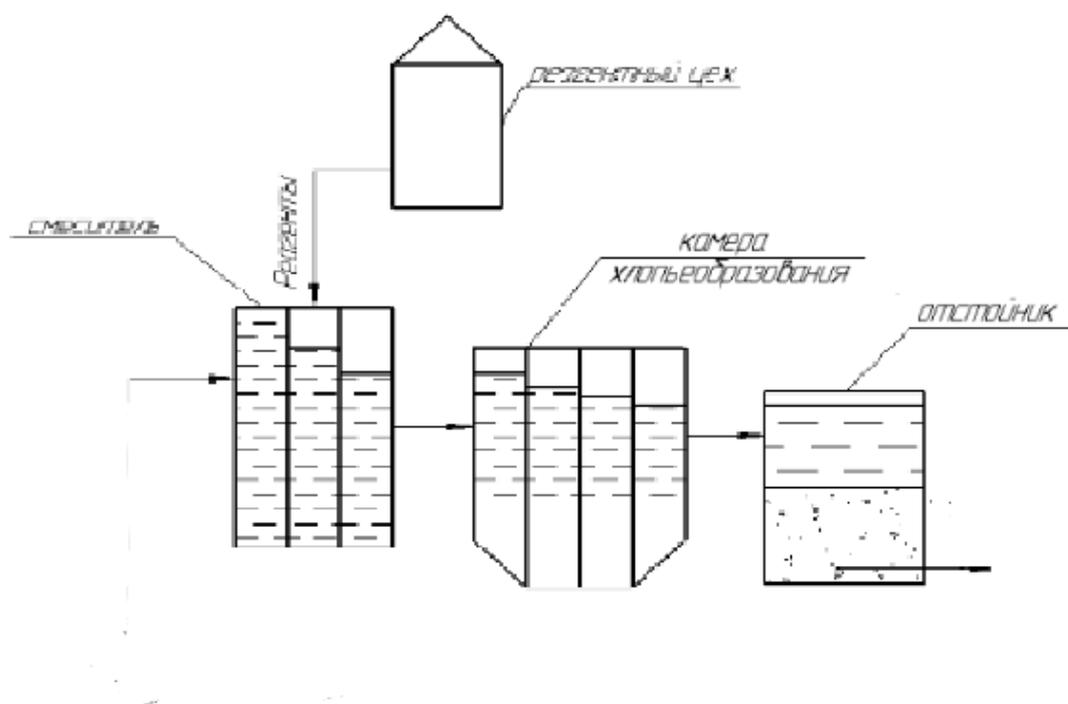


Рисунок 28 - Реагентная схема водоочистки

3.4 Выбор вида и определение доз реагентов

«Для удаления органических загрязнений при очистке воды открытых водоемов используются различные методы: реагентные, включая озонирование, безреагентные, включая мембранное разделение,

ионообменные, биосорбционные и другие. Однако, по сравнению с другими методами, реагентная обработка воды нашла самое широкое распространение. К примеру, современный метод озонирования с последующей сорбцией, можно отнести к самым эффективным, однако в практике подготовки питьевой воды в РФ, он нашел применение только на десяти водопроводных станциях» [53].

Для коагуляции в основном используется сернокислый алюминий или соли 3-х валентного железа. Доза коагулянта, которая нужна для обесцвечивания, находится пробной коагуляцией воды без подкисления, при подкислении, а так же при подщелачивании. Чтобы рассчитать ориентировочную дозу коагулянта используется следующая формула:

$$D = 4 \cdot \sqrt{C} \quad (9)$$

где D – доза коагулянта, мг/л;

C – цветность, град.

Для рассматриваемой технологической схемы очистки ливневых сточных вод (при основном показателе цветности 60 град) предварительная доза коагулянта сульфата алюминия составляет 30,98 г/м³.

В соответствии с исходной максимальной мутностью по таблице 8 выбирают дозу коагулянта.

Таблица 8 – Доза коагулянта в зависимости от мутности обрабатываемой воды

Мутность воды, г/м ³	Доза коагулянта, г/м ³	Мутность воды, г/м ³	Доза коагулянта, г/м ³
менее 100	25 – 35	600-800	50 – 60
100 – 200	30 – 40	800 – 1000	60 – 70
200 – 400	35 – 45	1000 – 1500	70 – 80
400 – 600	45 – 50		

Принятое по таблице 8 значение дозы коагулянта сравнивают с дозой, полученной по формуле (9). При одновременном содержании в исходной воде взвешенных веществ и цветности для дальнейших расчетов принимают наибольшую из доз.

Предложенная формула учитывает только цветность воды, и как правило не может правомерно использоваться для расчета дозы реагента.

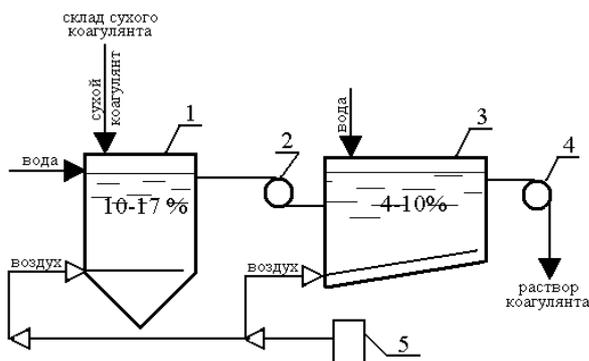
Коагулянты, используемые для очистки воды, подразделяются: неорганические (минеральные, например соли железа и алюминия) и органические.

В последние годы в практике очистки природных вод все больше внимания уделяется основным солям алюминия.

Наиболее часто применимы неорганические коагулянты сернокислый алюминий, алюминия полиоксихлорид, хлорное и сернокислое окисное железо, сернокислое закисное железо, производящиеся в твердом кусковом, жидком и гранулированном виде.

Для приготовления и хранения раствора коагулянта использовать следующую схему:

Тип хранения – сухое (рисунок 29). По предложенной схеме коагулянт хранится на складе в сухой форме. «Его загружают в растворные баки, по мере необходимости, затем происходит растворение коагулянта до раствора 10 % – 17%. Потом раствор коагулянт подается в расходные баки, затем разбавляется до 4% – 10% , в дальнейшем добавляется в обрабатываемую воду» [49]. Эта схема рекомендована для станции очистки небольшой производительности (меньше 50 000 м³/сут). Недостатком сухого хранения коагулянта является большая трудоемкость работ, связанных с доставкой сухого реагента в расходные баки и контакт обслуживающего персонала с коагулянтом. Поэтому такой способ может применяться при не очень большом расходе коагулянта и максимально возможной механизации погрузочных работ для доставки реагента в баки растворные.



1 – растворный бак; 2 – насос (перекачка р-ра реагента); 3 – бак расходный; 4 – насос (дозатор) р-ра коагулянта; 5 – воздуходувка

Рисунок 29 – Схема для коагулянта сухого хранения

3.5 Расчет реагентного хозяйства

Расчет реагентного хозяйства для приготовления, а так же хранения, добавления коагулянта сернокислого алюминия (сухой способ).

1. Определяем суточный расход коагулянта.

«Считаем сут. расход коагулянта (т/сут) по данной формуле» [49]:

$$G = \frac{D_k \cdot Q_{сут}}{10000 \cdot P_i} \quad (10)$$

где $Q_{сут}$ - суточная производительность станции, м³/сут, $Q_{сут} = Q_{полн}$;

P_i - процентное содержание безводного продукта в товарном коагулянте, для очищенного сернокислого алюминия = 40,3%, для неочищенного = 33,5%» [49].

Метод завоза коагулянта на станцию (железнодорожный вагон или автотранспорт) зависит от суточного расхода коагулянта. Грузоподъемность ж/д вагона составляет 60 т., автосамосвала 3-5 т.

2. «Определяем площадь склада, м²»:

$$F_{скл} = \frac{G_k \cdot T \cdot a}{G_v \cdot h} \quad (11)$$

T - продолжительность хранения коагулянта на складе (15-30 суток);

a - коэффициент, учитывающий дополнительные площади проходов на складе = 1,15;

G_0 - объемный вес коагулянта при загрузке склада навалом = 11 т/м³;

h_k - допустимая высота слоя коагулянта на складе, для сернокислого алюминия = 2 м.

В зависимости от площади принимают размеры склада в плане.

3. Определяем объем растворных баков:

Определение объема растворных баков, м³ по формуле :

$$W_{\text{раств}} = \frac{G_k \cdot T \cdot a}{10000 b_p \cdot \gamma} , \quad (12)$$

где q - часовой расход воды, поступающий на очистку м³/ч,» [49]

$$q = Q_{\text{полн}}/24;$$

T - время, на которое заготавливают коагулянт, 12-24 ч для станции производительностью до 10 000 м³/сут; 10-12 ч для станции производительностью более 10 000 м³/сут;

b_p - концентрация коагулянта в растворном баке, 10-17% для неочищенного коагулянта, 10-20% для очищенного.

γ - объемный вес коагулянта = 1 т/м³.

Количество растворных баков должно быть не менее трёх. Размеры баков назначают конструктивно исходя из «объёма и условий компоновки. Рекомендуется высоту слоя коагулянта принимать в пределах 1 – 2 м. При применении кускового коагулянта в баках устанавливают колосниковые решётки с прозорами 10 – 15 мм. Если используется порошкообразный реагент, то на решётку укладывается сетка с отверстиями 1 – 2 мм. Стенки растворного бака ниже колосниковой решётки выполняют наклонными под углом 45 – 50° к горизонту. Для опорожнения бака предусматривают трубопровод диаметром не менее 150 мм. Объём подколосниковой части не входит в объём $W_{\text{раств}}$.

4. Определяем объем расходных баков, м³:

$$W_{\text{расх}} = \frac{W_{\text{расте}} \cdot b_p}{b}, \quad (13)$$

где b - концентрация коагулянта в расходном баке, $b = 4-12\%$.

Количество расходных баков должно быть не менее двух. Размеры бака назначают конструктивно. Дно бака имеет уклон не менее 0,010. Для опорожнения бака предусматривают сбросной трубопровод диаметром не менее 100 мм. Строительная высота растворных и расходных баков принимается на 0,3 – 0,5 м более высоты раствора коагулянта» [49].

Для рассматриваемой технологической схемы очистных сооружений принимает сухой способ использования коагулянта, ввиду производительности станции очистки (50 000 м³/сут) и экономической целесообразности определяемой небольшим расходом коагулянта.

Рассчитаем реагентное хозяйство для приготовления, хранения и дозирования коагулянта сернокислого алюминия $Q_{\text{сут}} = 35200 \text{ м}^3 / \text{сут}$, $D_k = 35 \text{ г/м}^3$

1. Определяем суточный расход коагулянта по формуле (10) = 3,06 т/сут,

где P_i - содержание продукта(безводное) в товарном коагулянте, для сернокислого алюминия очищенного= 40,3%.

Коагулянт должен завозиться двумя самосвалами грузоподъемностью по 5 т один раз в 3 дня.

2. Площадь склада для хранения коагулянта рассчитываем по формуле (11), считая, что продолжительность хранения его на складе составляет 15 суток. $F_{\text{скл}} = 24 \text{ м}^2$. Учитываем, что:

- коэффициент, учитывающий площадь проходов на складе ($a = 1,15$);
- при условии загрузки склада навалом, вес коагулянта объёмный ($G_0 = 1,1 \text{ т/м}^3$)
- высота слоя сернокислого алюминия на складе ($h_x = 2 \text{ м}$).

Следовательно, считаем возможным принять склад для хранения коагулянта 4х6 м.

3. Определить объем баков растворных по формуле (12) = 3,42 м³, принимая, что:

- расход очищаемой воды (часовой) ($q = 35200/24 = 1466.7 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- время, на которое заготавливают коагулянт, так как производительность станции более 10 000, принимаем $T = 12 \text{ ч}$;

- концентрация коагулянта в растворном баке, $b_p = 18 \%$;

- γ - объемный вес коагулянта = 1 т/м³.

Принимаем количество растворных баков - 2 рабочих и 1 резервный.

Следовательно, объем 1 рабочего бака составит: $W_{\text{раств1}} = W_{\text{раств}} / n = 3.42/2 = 1,71 \text{ м}^3$.

Основание бака и высота соотносятся между собой как 2:3, соответственно $a = b = \gamma \sqrt[3]{W_{\text{раств1}}/1,5} = 1,05 \text{ м}$.

Считаем размеры бака в плане $b=a= 1 \text{ м}$.

Высота уровня коагулянта в баке составляет : $h_p = W_{\text{раств}} / a*b = 1,71 / 1 = 1,71 \text{ м}$.

Таким образом, высота бака со строительным запасом составит: $h=h_p + (0,3/0,5) = 1,71+0,39=2,1 \text{ м}$.

Размеры 1 бака растворного составят : $a*b*h = 1*1*2,1 = 2,1 \text{ м}^3$,

Весь объем 1 растворного бака составит : $W_{\text{раств1}} = a*b*h=1*1*2,1 = 2,1 \text{ м}^3$, а объем рабочих баков растворных составит: $W_{\text{раств}} = W_{\text{раств1}} * n = 2.1 * 2 = 4,2 \text{ м}^3$

4. Найдем объем баков расходных по формуле (13) = 7,57 м³, считая, что концентрация сернокислого алюминия в баке расходном $b = 10 \%$

Принимаем кол-во баков расходных как 2 рабочих и 1 резервный.

Таким образом, объем 1 рабочего расходного бака составляет : $W_{\text{раств1}} = W_{\text{раств}} / n = 7,56/2 = 3,78 \text{ м}^3$.

Основание бака, тогда: $a = b = \gamma \sqrt[3]{W_{\text{раств1}}/1,5} = 1,37 \text{ м}$.

Принимаем в плане размер бака $a = b = 1,4 \text{ м}$.

Высота слоя раствора коагулянта в баке составляет: $h_p = W_{\text{раств}} / a * b = 3,78 / (1,4 * 1,4) = 1,93 \text{ м.}$

Тогда высота бака с учетом строительного запаса: $h = h_p + (0,3 / 0,5) = 1,93 + 0,37 = 2,3 \text{ м.}$

Размер 1 расходного бака составит $a * b * h = 1,4 * 1,4 * 2,3 \text{ м.}$

Весь объем 1 бака растворного составит : $W_{\text{раств1}} = a * b * h = 1,4 * 1,4 * 2,3 = 4,51 \text{ м}^3$, а объем рабочих растворных баков составит: $W_{\text{раств}} = W_{\text{раств1}} * n = 4,51 * 2 = 9,02 \text{ м}^3$.

Заключение

1. Проблема «цветения» воды, вызванная биогенной нагрузкой, обостряется в маловодные годы. Одна из главных причин сложившейся ситуации – неэффективная система нормирования антропогенной нагрузки, в которой в качестве критериев используются единые федеральные ПДК, не учитывающие природных особенностей конкретных водных объектов.

2. Аномальные погодные условия летом 2010 года в Поволжье (жара и маловодье) вызвали усиление процесса «цветения» воды на водохранилищах, что позволяет прогнозировать ухудшение качества воды при глобальном потеплении климата по запаху, цветности, рН, взвешенным и растворенным органическим веществам.

3. На основе результатов пространственного мониторинга в период летней межени 2010-2015 гг. установлено, что качество воды в различных речных бассейнах Нижней Волги изменяется в широких пределах. При этом, качество воды в каждом речном бассейне характеризуется индивидуальными особенностями, которые выражаются через абсолютные и относительные значения концентраций веществ двойного генезиса. Наиболее существенно отличается качество воды в бассейнах рек Терешка и Чапаевка.

4. По данным многолетних (2000-2015 гг.) наблюдений на стационарном пункте Саратовского водохранилища установлено, что среди веществ двойного генезиса наиболее существенно по сезонам меняется содержание биогенных веществ.

5. Природные особенности качества воды в различных речных бассейнах Нижней Волги доказывают, что для оценки их состояния и нормирования антропогенной нагрузки неправомерно использовать единые федеральные ПДК. Использование одинаковых ПДК при нормировании антропогенной нагрузки приводит к сглаживанию природного разнообразия

качества поверхностных вод и нарушению экологического состояния водных объектов.

6. Разработанные бассейновые допустимые концентрации (БДК) изменяются в широких пределах в зависимости от природных особенностей различных речных бассейнов и существенно отличаются от единых федеральных ПДК. Для веществ двойного генезиса замена ПДК на БДК при нормировании антропогенной нагрузки приведет к корректировке водной стратегии для различных регионов страны.

7. Разработка и внедрение экологических бассейновых нормативов (для веществ двойного генезиса) или бассейновых допустимых концентраций (БДК) в систему нормирования качества природных и сточных вод будет способствовать сохранению и восстановлению экологического состояния и улучшению качества воды источников водоснабжения.

Список используемых источников

1. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем [Текст] / В.А. Абакумов. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии [Текст] / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 414 с.
3. Алимов А.В. Применение биологических и экологических показателей для определения степени загрязнения природных вод [Текст] / А.В. Алимов, В.В. Бульон, В.Л. Гутельмахер // Водные ресурсы. – 1979. – № 5. – С. 1-53.
4. Багаев Ю.Г. Нормирование сбросов сточных вод [Текст] / Ю.Г.Багаев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 3. – С. 14-16.
5. Баготский С.В. Некоторые подходы к экологически обоснованному нормированию загрязняющих веществ в водоемах [Текст] /С.В. Баготский, М.В. Санин, Л.О. Эйнон // Водные ресурсы. – 1992. – № 6. – С. 101-106.
6. Банникова О.А. К вопросу об установлении региональных нормативах качества воды [Текст] / О.А. Банникова, Е.Н. Бычкова // Водное хозяйство России. – 2011. № 6. С. 54-68.
7. Беляев С.Д. Региональные стандарты и целевые показатели состояния водных объектов [Текст] / С.Д. Беляев, А.М. Черняев // Тез. докл. Третьего международного конгресса “Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-98”. - М., 1998. - С. 576-577.
8. Беспалова К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. Устойчивое водоснабжение городского населения в условиях «цветения воды» на водохранилищах Волги (на примере г.о. Тольятти) // Водоочистка. - 2016. № 6. – С. 19-24.

9. Беспалова К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. Регулирование сброса загрязняющих веществ в водные объекты с учетом их природных особенностей // Сборник трудов шестого международного экологического конгресса (восьмой Международной научно –технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2017», т. 6. - Самара, 2017. - С.16-25 (РИНЦ).

10. Беспалова К.В., Селезнев В.А., Селезнева А.В. Качество воды волжских водохранилищ в условиях глобального потепления климата // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосбережение и экологическое развитие территорий» (Тольятти, 25-27 апреля 2017 года). Тольятти, Издательство ТГУ. 2017. – С.126-129 (РИНЦ).

11. Селезнева А.В., Беспалова К.В., Селезнев В.А. Содержание растворенного неорганического фосфора в воде Куйбышевского водохранилища / Водное хозяйство России. – 2018. - № 2 .

8. Беспалова, К.В. Определение нормативов допустимого сброса веществ двойного генезиса в водные объекты Нижней Волги с учетом их природных особенностей [Текст] / К.В. Беспалова// Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. - 2014. - № 8 (80). – С. 68 -74.

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

10. Веницианов Е.В. Эколого-экономические и организационно-правовые проблемы перехода к системе регулирования качества вод на основе наилучших доступных технологий [Текст] / Е.В. Веницианов, Г.А. Звезденкова // Водное хозяйство России. – 2014. № 3. С. 120-130.

11. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – Введ. 1984-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 10 с.

12. ГОСТ 2761-84. Источники хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. - Введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 20 с.
13. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2014-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2013. -36 с.
14. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1997 году. - Самара, 1998. - 95 с.
15. Григорьева И.Л. Сравнительная гидрохимическая оценка водохранилищ Верхней Волги [Электронный ресурс] / И.Л. Григорьева // Материалы VII гидрологического съезда (19-21 ноября 2013).
16. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-геохимические аспекты / Ю.С. Даценко. – М.: ГЕОС, 2007. - 252 с.
17. Данилов-Данилян В.И. Потребление воды: эколог., экон., соц. и полит. аспекты / В.И. Данилов-Данилян, К.С. Лосев. Ин-т водных проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
18. Демин, А.П., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Анализ и оценка влияния природных и антропогенных факторов на водные ресурсы бассейна Волги: водопотребление / А.П. Демин, Г.Х. Исмаилов, В.М. Федоров // Водные ресурсы. – 1997. – № 5. – С. 609-616.
19. Драгинский В.Л. Методические рекомендации по применению озонирования и сорбционных методов в технологии очистки воды от загрязнений природного и антропогенного происхождения / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева. – Москва, 1995.
20. Зайцева, И.С. Маловодные годы в бассейне Волги: природные и антропогенные факторы / И.С. Зайцева. М.: Наука, 1990. – 184 с.
21. Замолодчиков Д.Г. Оценки экологически допустимых уровней антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы /Д.Г.Замолодчиков // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 1993. – Т. 15. – С. 214-233.
22. Зенин А.А. Гидрохимия Волги и её водохранилищ / А.А. Зенин. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 260 с.

23. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды / В.А.Знаменский. - Л., 1981. - 248 с.
24. Иванов А.В. К оценке эффективности нормативов ПДВ и ПДС для природных сред / А.В. Иванов, И.А. Абдуллин // Экология и безопасность жизнедеятельности: Материалы Междунар. науч. симпоз. в рамках Междунар. Конгр. «Экология, жизнь, здоровье». Ч. 2. – Волгоград, 1996. – С. 54-55.
25. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 555 с.
26. Израэль Ю.А. Экологический мониторинг и регулирование состояния природной среды / Ю.А. Израэль, Л.М. Филиппова, Г.Э. Инсаров и др. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 4.- Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 282 с.
27. Кузьмич В.Н. Нормирование качества поверхностных вод: проблемы и решения [Электронный ресурс] / В.Н. Кузьмич, Л.С. Пономарева, Ю.И. Скурлатов, Т.А.Хоружая // Материалы VII гидрологического съезда (19-21 ноября 2013).
28. Лапин И.А. Проблемы экологического нормирования антропогенного воздействия на водные экосистемы [Текст] / И.А. Лапин, А.М. Никаноров // Международный симпоз. “Экология - 92”. - Бургас, 1992. - С. 204 -207.
29. Лапшов Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод / Н.Н. Лапшов. – М.: Стройиздат. 1977. – 87 с.
30. Ласкорин Б.Н. Стратегия и тактика охраны водоемов от загрязнения [Текст] / Б.Н. Ласкорин, В.И. Лукьяненко // Вестн. РАН. – 1992. – № 11. – С. 45-63.
31. Левич А.П. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на пресноводные экосистемы /А.П. Левич, А.Т. Терехин // Водные ресурсы. – 1997. – № 3. – С. 328-335.

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

33. 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.

34. Лепихин А.П. Особенности задания «фоновой» концентрации в естественных водоемах [Текст] / А.П. Лепихин, С.А. Мирошниченко // Водное хозяйство России: Проблемы, Технологии, Управление. Екатеринбург, 2002. Т3, № 3. – С. 247-262.

35. Лепихин А.П. Исследование статистических функций распределения гидрохимических показателей качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс] / А.П. Лепихин // Материалы VII гидрологического съезда (19-21 ноября 2013).

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

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

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

39. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утв. Приказом МПР России от 12.12.2007 № 328, зарег. в Минюсте России 23.01.2008 № 10974. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обр. 14.10.2015).

40. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. Утв. Приказом МПР России от 4.07.2007 № 169, зарег. в Минюсте России 10.08.2007 № 9979.

41. Методические указания по установлению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. - М.; 1985. - 88 с.

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

43. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. Т.1, вып. 23. - 178 с.

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

45. Найденко В.В. Великая Волга на рубеже тысячелетий. От экологического кризиса к устойчивому развитию [Текст]. Нижний Новгород: Издательство «Промграфика». 2003. – Часть. I. - 432 с.

46. Найденко В.В. Великая Волга на рубеже тысячелетий. От экологического кризиса к устойчивому развитию [Текст]. Нижний Новгород: Издательство «Промграфика». 2003. – Часть. II. - 368 с.

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

48. Никаноров А.М. Пресноводные экосистемы в импактных районах России / А.М. Никаноров, В.А. Брызгало. Издательство: НОК, 2006. – 275 с.

49. Никаноров А.М. Совершенствование методологии оценки качества воды и состояния водных объектов с учетом их региональных особенностей [Электронный ресурс] / А.М. Никаноров, О.С. Решетняк, М.Ю. Кондакова // Материалы VII гидрологического съезда (19-21 ноября 2013).

50. Никаноров А.М. Фундаментальные и прикладные проблемы качества поверхностных водных ресурсов / А.М. Никаноров, Г.М.Черногаева, С.Д. Беляев // VII Всерос. Гидрол. Съезд: тезисы пленарных докл. СПб, 2013. С. 43-53.

51. РД 52.24.309-2004. Рекомендации. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. Утв. Росгидрометом 28.10. 2004. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обр. 14.10.2015).

52. РД 52.24.622-2001 Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ.

53. СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест. Санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.5.980-00" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000).

54. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. –103 с.

55. СанПиН 4630-93. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения, Минздрав РФ. – М., 1993. –30 с.

56. Селезнев, В.А. О совершенствовании методики нормирования сточных вод / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева // Материалы Всероссийской конференции «Управление устойчивым водопользованием» (Москва, 6-7 февраля 1997 года). Москва-Екатеринбург, 1997а. - С 168-169.

57. Селезнев, В.А. Совершенствование методики нормирования сточных вод на территории г. Саратова / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, В.А. Евграфова, О.С. Шватченко // Тез. докл. Рос. науч.-практ. конф., посвящ. 200-летию Саратовской губернии. - Саратов; 1997б. - С. 74-75.

58. Селезнев В.А. Качество воды крупных водохранилищ Волги: проблема и пути ее решения / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева // Экология и промышленность России. – 1997в. - № январь. - С. 44-48.
59. Селезнев В.А. Методика расчета предельно допустимых сбросов и временно согласованных сбросов веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами (проект) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева // Экология и промышленность России. – 1998а. - № декабрь. - С. 32-36.
60. Селезнев В.А. Оценка воздействия точечного источника загрязнения на качество вод водохранилища/ В.А. Селезнев, А.В. Селезнева // Водные ресурсы. - 1999. -№ 3. С. 501-511.
61. Селезнев В.А. Экология отдаляющегося приближения / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева // Вода-Magazin. – Март 2011. – № 3 (43) . – С. 40-42.
62. Селезнев В.А. Формирование качества воды Волжских водохранилищ при аномальных погодных условиях / В.А. Селезнев, К.В. Беспалова, А.В. Селезнева // Водное хозяйство России. – 2013. – № 5. – С. 4-14.
63. Селезнев В.А. Нормирование сброса биогенных веществ в поверхностные водные объекты / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. Научно-технический журнал. Вып. 2. – Самара. 2014а. – С. 49-52.
64. Селезнев В.А. Водоснабжение из эвтрофированных источников (проблемы и пути решения) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2014б. - № 6 (78). – С. 66-70.
65. Селезнев В.А. Экологические критерии нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты / В.А. Селезнев, К.В. Беспалова // Вестник Волжского университета имени В.Н.Татищева. – 2015. № 1(23). – С. 130-139.

66. Селезнева А.В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения / А.В. Селезнева // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук, Том 5, № 2(10), июль-декабрь, 2003. – С. 268-278.

67. Селезнева А.В. Пространственная неоднородность антропогенной нагрузки на реки / А.В. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2007а. - № декабрь. - С. 24-27.

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

69. Селезнева А.В. Формирование качества воды волжских водохранилищ при аномальных погодных условиях / А.В. Селезнева, К.В. Беспалова, В.А. Селезнев // Водное хозяйство России. – 2013.–№ 5. – С. 4-14.

70. Селезнева А.В. Массовое развитие водорослей на водохранилищах р. Волги в условиях маловодья/ А.В. Селезнева, В.А. Селезнев, К.В. Беспалова // Поволжский экологический журнал. – 2014. № 1. – С. 88-96.

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

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

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

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

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