



О.В. Гагарина

Оценка и нормирование
качества природных вод:
критерии, методы,
существующие проблемы

Ижевск 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Удмуртский государственный университет»
Кафедра природопользования и экологического
картографирования

О.В. Гагарина

**ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА
ПРИРОДНЫХ ВОД:
критерии, методы, существующие проблемы**

Учебно-методическое пособие

Издательство «Удмуртский университет»
Ижевск 2012

УДК 556.5(07)

ББК 26.222,8я7

Г 127

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензент: кандидат географических наук, доцент А.А. Перевощиков

Автор-составитель – к.г.н., О.В. Гагарина

Г 127 Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: Учебно-методическое пособие [Текст] / сост. О.В. Гагарина. / Ижевск: Издательство «Удмуртский университет». - 2012. - 199 с.

Учебно-методическое пособие посвящено оценке и нормированию качества водной среды.

В пособии подробно изложены методические принципы нормирования качества вод, раскрыты теоретические основы и расчетные методы оценки качества поверхностных вод, собран материал, раскрывающий основную терминологию по данной теме, проанализированы насущные проблемы, возникающие при оценке и нормировании качества воды на современном этапе. Приводится обширный перечень вышедших на сегодняшний день нормативных документов в этой области.

В тексте пособия и его приложении даны примеры упрощенной оценки качества воды отдельными статистическими показателями и комплексной оценки качества природных вод с использованием наиболее известных показателей – КЗ, ИКВ, ИЗВ, КИЗВ, УКИЗВ.

Предназначено для студентов бакалавриата и магистратуры, по направлению подготовки 022000 «Экология и природопользование», а также аспирантов, специалистов-экологов, занимающихся проблемами оценки и нормирования качества природных вод.

УДК 556.5(07)

ББК 26.222,8я7

© О.В. Гагарина, авт.-сост., 2012

© Издательство «Удмуртский университет», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

К читателю.....	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	7
1. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД: ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, КРИТЕРИИ, МЕТОДЫ	10
1.1. Основные понятия.....	10
1.1.1 Основные понятия при оценке качества вод.....	10
1.1.2 Основные понятия при нормировании качества водной среды.....	13
1.2 Нормирование качества воды водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования.....	19
1.3 Нормирование качества питьевой воды.....	23
1.4 Нормирование качества воды водных объектов рыбохозяйственного водопользования.....	28
1.5 Нормирование техногенного воздействия на водные объекты.....	33
1.6 Современные проблемы оценки и нормирования качества природных вод.....	36
2. ОСНОВНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОД	42
2.1 Отечественные классификации показателей качества вод.....	42
2.2 Оценка и нормирование качества природных вод за рубежом.....	47
3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД ГИДРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ	55
3.1 Оценка качества воды упрощенными показателями.....	55
3.1.1 Средние величины.....	55
3.1.2 Экстремальные величины.....	60
3.1.3 Относительные величины.....	60
3.1.4 Показатели вариации величин.....	68
3.2 Комплексные показатели и оценка качества воды.....	75
3.2.1 Проблема разработки комплексных показателей качества воды.....	75
3.2.2 Комплексные показатели качества воды и особенности их расчетов.....	77

4. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД - РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	134
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	138
Приложение 1. Перечень стандартов качества и контроля качества природной воды и воды для питьевых, хозяйственно-бытовых и производственных нужд.....	147
Приложение 2. Перечень общих международных стандартов в области контроля и охраны качества воды.....	168
Приложение 3. Основные термины и определения, содержащиеся в официальных отечественных и зарубежных нормативно-методических документах.....	172
Приложение 4. Перечень ПДК загрязняющих веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения.....	178
Приложение 5. Перечень ПДК загрязняющих веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) назначения.....	180
Приложение 6. Пример расчета α -показателя коэффициента загрязненности (КЗ).....	182
Приложение 7. Пример расчета индекса качества воды (ИКВ).....	186
Приложение 8. Пример расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) и индекса загрязнения воды с поправкой на водность (ИЗВ*).....	189
Приложение 9. Пример расчета комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ).....	194

К читателю

Пособие, что Вы держите в руках, явилось логическим и уточненным продолжением пособия «Оценка качества поверхностных вод гидрохимическими показателями» (2010 г.).

Необходимость этого пособия была вызвана:

- появлением новых нормативных документов в области контроля качества природных вод и охраны водных объектов;
- объемом и сложностью нормативной базы в области оценки и нормирования качества вод, в силу чего студентам порой сложно разобраться в этих вопросах самостоятельно;
- высокими требованиями в части знания нормативно-методических основ нормирования качества окружающей среды, предъявляемыми к студентам при прохождении практик, службами, осуществляющими контрольно-надзорные функции.

В четырех главах этого пособия представлен теоретический материал, раскрывающий критерии и методы нормирования качества водной среды (1-я глава), классификации показателей качества воды и методы оценки качества вод (соответственно, 2-я и 3-я главы), принципы и проблемы разработки региональных ПДК (4-я глава).

Приложение пособия содержит необходимую информацию для выполнения работ по нормированию и оценке качества воды: обновленный (по 2012 г.) перечень отечественных (прил.1) и зарубежных (прил.2) нормативных документов; основные термины, используемые в современной нормативно-методической базе и в тексте данного пособия (прил.3); перечень рыбохозяйственных нормативов (прил.4) и гигиенических нормативов (прил.5) качества воды; примеры расчетов наиболее известных комплексных показателей для оценки качества природных вод: ИЗВ, КИЗВ и др. (прил. 6-9).

Теоретическая и практическая части пособия облегчают восприятие материала, выполнение практических работ и подготовку к экзамену по курсу «Охрана и рациональное использование водных ресурсов».

Пособие предназначено для географических и природоохранных специальностей. Его цель – объединить знания о критериях, методах оценки и нормирования качества воды по гидрохимическим показателям и дать практические

рекомендации по их расчетам применению. Пособие может быть использовано студентами в учебном курсе “Охрана и рациональное использование водных ресурсов”, «Геоэкологический мониторинг», «Экологическое нормирование». Поскольку пособие содержит обширный и интересный материал по вопросам оценки и нормирования качества природных вод в России, оно может быть рекомендовано для выполнения курсовых и дипломных работ по данной тематике, подготовке к семинарским занятиям по указанным дисциплинам.

Данное пособие призвано облегчить подготовку магистров и бакалавров по направлению подготовки 022000 «Экология и природопользование» и способствует овладению следующими профессиональными компетенциями:

при подготовке студентов бакалавриата в области «Природопользование» - владение методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации и использование теоретических знаний на практике; в области «Геоэкология» - знание теоретических основ геохимии окружающей среды, владение методами геохимических исследований;

при подготовке студентов магистратуры к проектно-производственной деятельности: способность проводить оценку воздействия планируемых сооружений или иных форм деятельности на окружающую среду. Умение диагностировать проблемы охраны природы, разрабатывать практические рекомендации по охране природы; при подготовке к научно-исследовательской деятельности: способность формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования, обобщать полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний, формулировать выводы и практические рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований.

*Качество вообще есть тождественная
с бытием непосредственная определенность*
Г. Гегель

ПРЕДИСЛОВИЕ

Российская Федерация принадлежит к числу государств, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Среднемноголетние возобновляемые водные ресурсы России составляют 10 процентов мирового речного стока (2 место в мире после Бразилии) и оцениваются в 4,3 тыс. км³ в год [9]. Однако, у крупнейшего в мире водохозяйственного комплекса, представленного в нашей стране, много нерешенных проблем.

В Водной стратегии РФ на период до 2020 года [9] отмечено наличие основных проблем водных ресурсов:

- нерациональное использование водных ресурсов;
- наличие в отдельных регионах РФ дефицита водных ресурсов;
- несоответствие качества питьевой воды, потребляемой значительной частью населения, гигиеническим нормативам.

В рамках первого этапа Стратегии (2009-2012 гг.) предусматривается совершенствование нормативной базы в сфере использования и охраны водных объектов.

К сожалению, действующая система нормирования качества природных вод не обеспечивает сокращение антропогенной нагрузки на водную среду.

Загрязнение водного объекта чаще всего оценивается на основе установления кратности и (или) повторяемости превышения измеренных (фактических) концентраций отдельных элементов и веществ к их ПДК. Однако, к настоящему времени накопилось достаточно много претензий к самой системе ПДК, которая имеет многолетнюю историю (подробнее об этом в гл.1).

Устанавливаются ПДК на основе экспериментальных работ с тест-организмами. Пороговое значение, вызывающее видимые отклонения от нормы у наиболее чувствительной группы организмов, принимается как ПДК_{вр} или ПДК_{р/х} (ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения). Для

большинства элементов и веществ ПДК для рыбохозяйственных водоемов жестче, чем гигиенические нормативы. Лишь для 20% веществ гигиенические нормативы ниже, иногда в 100 раз и более, чем рыбохозяйственные нормативы [53].

С 30-х годов прошлого века качество природных вод в России оценивалось при помощи упрощенных показателей загрязненности. Самыми распространенными из них являлись среднее арифметическое, минимальное, максимальное значения, повторяемость и кратность превышения ПДК, которые рассчитывались по каждому ингредиенту химического состава воды. При этом, работая сразу по всему речному бассейну, создавался огромный массив данных, трудно поддающийся статистической обработке.

Основные причины повышенного интереса к комплексным показателям кроются в сложностях, связанных с громоздкостью системы оценки качества воды по большому числу отдельных характеристик ее состава и свойств.

Комплексные показатели качества воды должны обеспечить возможность единой оценки и сравнения чистоты вод в разных пунктах и в различные моменты времени, а также возможность выявления веществ, вносящих основной вклад в общее загрязнение воды [52].

Несмотря на видимые достоинства оценки качества поверхностных вод с помощью комплексных показателей, создание около 30 наиболее известных комплексных показателей качества воды со времени первых попыток в этой области гидрохимии (в основном, с 70-х гг. прошлого века) и по настоящее время, единого комплексного показателя, объединившего оценку качества природных масс разных водных объектов, не существует. Что, вполне закономерно и обосновано различной областью применения показателей качества воды, хотя, несомненно, это затрудняет процедуру нормирования качества природных вод в отдельно взятом регионе.

В осуществлении гидрохимического мониторинга есть трудности и с определением ингредиентов химического состава природных вод.

Специалисты-практики, работающие в области контроля качества водных ресурсов выделяют здесь целый ряд основных проблем [38].

- методический хаос – множество методик разного уровня согласования;

- выброс на рынок огромного числа разработок, приборов, в том числе сырых, не прошедших техническую экспертизу;

- недостаточная компетентность специализированных лабораторий для выбора адекватных решений;

- сложность самого объекта контроля – поверхностных и подземных вод;

- сложности организации отбора проб при массовом анализе в системе контроля и мониторинга и т.д.

1. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД: ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, КРИТЕРИИ, МЕТОДЫ

1.1 Основные понятия

Критериями оценки качества (quality criterion) является любая совокупность количественных показателей, характеризующих свойства изучаемых объектов и используемых для их классифицирования или ранжирования.

Оценка качества пресноводных водоемов осуществляется по трем основным аспектам, включающим следующие комплексы показателей [83]:

- факторы, связанные с физико-географическим и гидрологическим описанием водоема, как целостного природного или водохозяйственного объекта;
- контролируемые показатели состава и свойств водной среды, дающие формализованную оценку качества воды и ее соответствия действующим нормативам;
- совокупность критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов.

1.1.1 Основные понятия при оценке качества вод

В официальных (нормативных) документах термин «**качество вод(ы)**» официально прозвучал в 70-х гг. XIX в.

ГОСТ 17.1.2.04-77 содержит следующее упоминание о качестве воды: «*Качество воды* характеризуется следующими показателями: ***трофо-сапробностью, соленостью и жесткостью, водородным показателем (рН), вредными веществами***» [20, с.1].

Согласно другому стандарту, также введенному в СССР в 1977 году - ГОСТ 17.1.1.01-77 [19], ***качество воды - характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.***

Позже, в ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85) появился термин «нормы качества воды». ***Нормы качества воды - установленные значения показателей качества воды для конкретных видов водопользования*** [21].

Впоследствии это определение «***норм качества воды***» без принципиальных изменений отразилось в нескольких более поздних нормативных документах: «Правилах охраны поверхностных вод.., 1991» [64], СанПиН 2.1.980-00 [71] и в Методических указаниях по разработке нормативов предельно-допустимых сбросов...за 1999 год [48].

Во введенном в действие с 2004 г. Руководящем документе (РД) **52.24.643-2002** [69] производится довольно условное разделение понятий «***оценка качества поверхностных вод***» и «***оценка степени загрязненности поверхностных вод***».

Так, «***оценка качества поверхностных вод*** - это установление в той или иной форме, через ту или иную систему показателей соответствия качества поверхностных вод требованиям водопользования».

«***Оценка степени загрязненности поверхностных вод*** – это установление в той или иной форме, через ту или иную систему показателей, характеризующих состав и свойства поверхностных вод, отличия от их нормативных значений, свидетельствующих о пригодности воды для водопользования» (РД 52.24.643-2002).

Термины «***комплексная оценка степени загрязненности***» и «***комплексная оценка качества поверхностных вод***», приведенные в РД 52.24.643-2002, как можно увидеть ниже, имеют единую суть.

Комплексная оценка степени загрязненности, качества поверхностных вод - представление о степени загрязненности воды либо ее качестве, однозначно отражающее в той или иной форме, через ту или иную систему показателей всю, либо определенным образом ограниченную, совокупность характеристик состава и свойств воды относительно базисных количественных характеристик, чаще нормативов, для определенного вида водопользования или водопотребления.

Поэтому не случайно, А.М.Никаноров в своей монографии «Научные основы мониторинга качества вод» [54] ставит знак равенства между понятиями «загрязненность вод» и «качество вод», приводя следующую трактовку этих терминов. **«Комплексное оценивание степени загрязненности (качества) поверхностных вод – это последовательные действия, направленные на получение представления о степени загрязненности воды либо о ее качестве на основе выбранной совокупности показателей состава и свойств воды в интересах определенных видов водопользования или водопотребления»** [54, с.445].

В 1990 г. Н.Ф. Реймерс [66] в своем словаре-справочнике приводит определения «качества вод(ы)» и «показателей качества воды», опираясь на указанную выше официальную литературу (ГОСТ 17.1.2.04-77, ГОСТ 17.1.1.01-77). Исходя из этого, под «качеством вод(ы)» - **понимается «степень соответствия показателей качества воды потребностям людей и/или технологическим требованиям (в том числе для полива)»** [66, с.227]. В этом же словаре-справочнике содержится и определение «показателей качества воды». **Показатели качества воды – «совокупность биологических и физико-химических характеристик воды: трофосапробности, солености и жесткости, водородного показателя рН, концентрации вредных веществ»** [66, с.365].

Однако, не все ученые согласны с подобным определением качества воды. Так, М.Г. Хубларян и Т.И. Моисеенко в одной из своих статей в Вестнике Российской Академии Наук [81] указывают на некорректность подобного определения: «...поскольку у вод не может быть биологических свойств, так как биологические системы являются более высоким уровнем организации по отношению к химическим структурам» [81, с.405].

Если отойти от требований к качеству воды отдельных водопотребителей, то более универсальным определением будет характеристика качества вод с позиций экологической парадигмы, которое дает Т.И. Моисеенко: **«Качество вод – это свойства вод, сформированные в процессе химических, физических и биологических процессов, как на водоеме, так и**

на водосборе; благоприятное качество вод в том случае, если отвечает требованиям сохранения здоровья организмов и воспроизводства наиболее чувствительных видов в экосистеме конкретного водоема» [50].

В другой своей работе Т.И. Моисеенко в соавторстве с М.Г. Хубларян [81] вводят некоторое уточнение к вышеуказанному определению: «Поскольку человек не может быть подвергнут исследованиям по оценке качества вод, то принимается, что если их свойства отвечают требованиям существования наиболее чувствительных гидробионтов, то качество (за исключением частных случаев) можно считать соответствующим требованиям и для сохранения здоровья человека» [81, с.406].

Как видим, полемика по вопросу понятия «качество вод(ы)» и критериев этого качества до конца не закончена и продолжается по сегодняшний день.

1.1.2 Основные понятия при нормировании качества водной среды

Как правило, при определении степени экологического неблагополучия водных объектов оценивается два основных фактора [83]:

- опасное для здоровья людей снижение качества питьевой воды и санитарно-эпидемиологического загрязнения водных объектов рекреационного назначения (т.е. фактор изменения среды обитания человека) – это **санитарно-гигиенический фактор**;
- создание угрозы деградации или нарушения функций воспроизводства основных биотических компонентов естественных экологических систем водоемов (т.е. "**общезкологический**" фактор изменения природной среды).

В данной работе, при изложении проблемы нормирования качества вод будут рассмотрены аспекты именно

санитарно-гигиенического нормирования. На сегодняшний день – это наиболее разработанная область регламентации загрязнения природных вод.

Одним из важных понятий при нормировании качества воды является понятие «*вредного вещества*». В специальной литературе принято называть **вредными** все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям как в результате однократного действия, *«так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений»* [ГОСТ 12.1.007-76]. Исходя из известного тезиса Парацельса *«Ничто не лишено ядовитости»*, все *ксенобиотики* (чужеродные для живых организмов или искусственно синтезированные химические соединения) изначально рассматриваются как вредные вещества [83].

Содержание вредных веществ в водной среде начало контролироваться в нашей стране с 1950 г. [83]. Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов. В Приложениях 1 и 2 пособия приведены перечни, соответственно, российских и международных стандартов в области нормирования и охраны качества различных типов вод.

Для вредных веществ приняты предельно допустимые концентрации (ПДК), под которыми подразумевается ***такая максимальная концентрация вещества, которая оставляет воду при неограниченно долгом ее использовании такой же безвредной, как и при полном отсутствии этого вещества*** [67].

Содержание в воде вещества в ПДК составляет одну дозу этого ПДК. Следовательно, критерий безопасности присутствия какого-то вещества в воде можно сформулировать следующим образом: вода, содержащая какое-либо вещество в одной дозе, также безвредна при неограниченно долгом водопользовании, как и при полном отсутствии вещества [67].

В ходе обоснования ПДК для каждого вещества предварительно определяется *класс опасности*, который характеризует следующие свойства ксенобиотиков:

- способность к накоплению в организме и кумуляции эффекта вредного действия;
- вероятность вызывать отдаленные последствия (т.е. степень опасности хронического отравления);
- скорость резорбции вещества тканями живого организма (более опасны гидрофильные и липофильные химические соединения, легко проникающие к чувствительным центрам биореципиентов).

Вещества делятся на следующие классы опасности:

- 1 класс - чрезвычайно опасные вещества, для которых проводится полная схема тестирования (острый, подострый, хронический и пожизненный опыты на разных группах животных);
- 2 класс – высоко опасные вещества, изучаемые по развернутой схеме;
- 3 класс – опасные соединения, для которых не ставится хронический эксперимент;
- 4 класс – умеренно опасные вещества, нормируемые по экспрессной схеме.

В зависимости от того, к какому типу водопользования относится водный объект (или каков его водохозяйственный индекс), при нормировании качества воды используют два вида ПДК.

Типы водопользования на водных объектах определяются Федеральным Агентством водных ресурсов и подлежат утверждению органами местного самоуправления субъектов РФ.

Итак, экспериментально на сегодняшний день обосновываются два вида ПДК:

- *Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в)* — это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования [71]. Этот вид ПДК в литературных источниках последних лет для краткости написания упоминают как гигиенический норматив;

- *Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей - (ПДК_{вр} или ПДК_{р/х})* — это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых [51]. Эту ПДК в настоящее время все чаще называют эколого-рыбохозяйственным нормативом, предполагая ее установление на системном биологическом уровне.

Присутствие в воде какого-либо одного вредного вещества не вызывает трудностей с его нормированием. Как указывалось выше – его допустимое содержание в воде не должно превышать ПДК:

$$C_i / \text{ПДК}_i \leq 1, \quad \text{где}$$

C_i – фактическая концентрация веществ в воде водоема, мг/л; ПДК_i – предельно-допустимая концентрация того же вещества, мг/л.

Значительно сложнее нормировать комплекс веществ, когда они одновременно присутствуют в природных водах.

Все вредные вещества по характеру своего воздействия подразделены органами здравоохранения на три группы, а органами рыбоохраны на пять групп. Каждая группа объединяет вещества одинакового признака действия. Вещество относят к тому признаку, в котором его действие проявляется в минимальной концентрации, хотя это не означает, что данное вещество не проявляет другого вредного действия. В силу этого, такой признак вещества получил название *лимитирующего признака вредности* (далее, **ЛПВ**).

Согласно ГОСТ 17.1.1.01-77 [19], **ЛПВ** – это признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Принцип гигиенического нормирования при одновременном присутствии в воде нескольких вредных веществ был разработан С.Н. Черкинским [67]. Согласно этому принципу, вещества одного ЛПВ проявляют **аддитивное** действие (**определение терминов здесь и далее см. в прил. 3**). Это означает, например, что содержание двух веществ одного ЛПВ (содержание каждого в пределах ПДК) будет таким же, как если бы какое-нибудь из них, присутствуя в воде в единственном числе, содержалось в двух ПДК (т.е. в двух дозах вредного вещества).

Ниже приведены основные группы ЛПВ для веществ водных объектов разных типов водопользования.

Для **питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования (ПДК_в)** учитываются три ЛПВ:

- **органолептический** - способность вещества к образованию пленок и пены на поверхности водоема; изменение цвета воды, появление посторонних привкусов и запахов, появление опалесценции. При этом указывается расшифровка характера изменения органолептических свойств воды;
- **общесанитарный** - влияние веществ на общий санитарный режим водоема, выражаемый в изменении таких интегральных показателей, как рН, БПК, содержание кислорода, нарушение самоочищения воды, эвтрофирование и т.д.;
- **санитарно-токсикологический** - одновременное действие вещества на организмы и санитарные показатели водоема.

- Для **рыбохозяйственного водопользования (ПДК_{вр})** учитывают уже пять ЛПВ [62]:
 - **органолептический** – см. выше по тексту;
 - **санитарный** – нарушение экологических условий: изменение трофности водных объектов; гидрохимических показателей: кислород, азот, фосфор, рН; нарушение самоочищения воды: БПК₅; численности сапрофитной микрофлоры
 - **санитарно-токсикологический** – см. выше по тексту;
 - **токсикологический** – прямое токсичное действие веществ на водные биологические ресурсы;
 - **рыбохозяйственный** – изменение товарных качеств видов водных биологических ресурсов, отнесенных к объектам промышленного и прибрежного рыболовства: появление неприятных посторонних привкусов и запахов.

Как уже указывалось, вода является безвредной, если ее загрязненность не превышает одной дозы. Когда мы имеем в виду комплекс веществ одной группы ЛПВ, безвредной вода будет в том случае, когда общее содержание всех веществ одной группы ЛПВ будет не превышать одной дозы. Данное положение математически может быть представлено так [67]:

$$\sum_i C_i / ПДК_i \leq 1,$$

где C_i – концентрация веществ в воде водоема, фактическая или расчетная (для проектируемых выпусков), мг/л; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация того же вещества, мг/л; z – общее число веществ одного ЛПВ, присутствующих в воде водоема.

С.Н. Черкинский на ряде примеров доказывает, что на уровне ПДК принцип аддитивности полностью подтверждается и является универсальным. «По-видимому, в значительном числе случаев это так и есть, однако не исключено, что

комплексное воздействие нескольких веществ не будет подчиняться линейному закону аддитивности. Прежде всего это относится к явлению синергизма, когда присутствие какого-то вещества значительно усиливает токсичность или иное вредное действие другого вещества» [67, с.20]. Так или иначе, но необходима серьезная теоретическая и практическая проверка этого принципа.

Нормирование качества воды с учетом типа водопользования в нашей стране стало осуществляться с выходом в 1975 году «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», где впервые нормативные требования предъявляются к качеству воды водоемов уже в зависимости от вида водопользования. Впоследствии, беря за основу предыдущий документ, утверждаются новые правила – «Правила охраны поверхностных вод (далее, Правила)» [64].

Настоящими Правилами установлены нормы качества воды водоемов и водотоков для условий хозяйственно-питьевого (ныне - питьевого и хозяйственно-бытового), коммунально-бытового (ныне рекреационного) и рыбохозяйственного водопользования.

В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд народного хозяйства, при определении условий сброса сточных вод следует исходить из более жестких требований в ряду одноименных нормативов качества поверхностных вод.

1.2 Нормирование качества воды водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

К питьевому и хозяйственно-бытовому водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

К рекреационному водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для рекреационного водопользования, распространяются на все

участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест (п.5.1.2. **СанПиН 2.1.5.980-00**).

Здесь необходимо коротко остановиться на некотором расхождении требований к качеству водных объектов, находящихся в черте населенных мест, содержащихся в двух действующих документах – Правилах охраны поверхностных вод (1991 г.) и **СанПиН 2.1.5.980-00 (2001 г.)**.

С одной стороны, к водным объектам, находящимся в черте населенных мест, согласно **СанПиН 2.1.5.980-00**, предъявляются требования рекреационного водопользования (одни из самых мягких на сегодняшний день в силу высокого антропогенного пресса, оказываемого на такие водные объекты).

С другой стороны, следуя п. 2.5 Правил - «в случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд населения и народного хозяйства к составу и свойствам воды предъявляются наиболее жесткие нормы из числа установленных» [64].

Соответственно, возникает логичный вопрос – какие требования все-таки предъявлять к водным объектам, находящимся в черте населенных мест при их комплексном использовании?

Как показывает современный опыт решения этого вопроса – к таким водным объектам предъявляются наиболее жесткие требования – рыбохозяйственные ПДК. Как считает автор работы, этот подход нецелесообразен, так как такие водные объекты априори не могут соответствовать этим жестким нормативам, попадая под организованное и неорганизованное воздействие урбанизированной территории. В данном случае нормирование качества воды в водном объекте предполагает перенос всей тяжести ответственности на плечи водопользователей с ужесточением требований к сбрасываемым сточным водам. Т.е. речь уже идет о нормировании концентрации загрязнителей в сбрасываемых сточных водах. К этим отводимым сточным водам начинают предъявлять такие же требования, как к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного водопользования (далее, ПДКр/х). Все бы ничего. Никто не спаривает необходимость локальной очистки

сточных вод, но до разумных пределов. Когда мы видим, что уже выше по течению створа водопользования фиксируется нарушение ПДКр/х (связанное с повышенным естественным гидрохимическим фоном, как, например, в Удмуртии, по общему железу, марганцу, содержанию органического вещества и др.), а водопользователь не может по каким-либо причинам (материальные, технические и т.д.) осилить строительство и эксплуатацию очистных сооружений и довести качество отводимых стоков до ПДК р/х, отделяясь платежами за загрязнение, это нормирование уже фикция, а не реально действенный инструмент в обеспечении нормативного качества в водном объекте.

В данном вопросе автор сторонник позиции, принятой многими специалистами в области охраны вод, в том числе и И.Д. Родзиллером: «...При решении вопросов защиты гидросферы единственным объектом нормирования качества может быть только вода водоемов. В этом случае решение задачи всегда будет однозначным и объективным» [67 с. 17].

После небольшого отступления по поводу проблем нормирования качества вод водных объектов населенных пунктов, вернемся к вопросу нормирования качества воды водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

Согласно Приложению 1 Правил [64] в воде таких водных объектов нормируется **14 общих химических и микробиологических показателей качества воды:**

- содержание взвешенных веществ,
- плавающие примеси,
- запахи и привкусы,
- окраска,
- температура,
- рН,
- общее солесодержание,
- содержание растворенного кислорода,
- БПКполн.,
- ХПК,
- содержание химических веществ,
- содержание возбудителей заболеваний,

- содержание лактозоположительных кишечных палочек (ЛКП),
- содержание колифагов.

Приложение 2 этого документа нормирует содержание в воде 420 отдельных вредных веществ.

В этом контексте необходимо отметить, что с выходом впоследствии трех нормативных актов изменился перечень нормируемых в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового (рекреационного) водопользования.

Речь идет о **СанПиН 2.1.5.980-00** «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», **ГН 2.1.5. 1315-03** «Предельно допустимые уровни (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и **ГН 2.1.5. 1316-03** «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Вышеуказанные **СанПиН 2.1.5.980-00** содержат сведения только по нормированию **общих показателей качества воды.**

Из санитарно-химических показателей в этом документе нормируются те же **15** показателей качества, что и в Правилах [64]. Однако, вместо БПК_{полн.} (или БПК₂₀) в данных СанПиН оценка содержания биологически разложимого органического вещества производится с помощью БПК₅, а не БПК₂₀, как в Правилах. Кроме того, состав контролируемых микробиологических показателей качества воды здесь расширен:

- возбудители кишечных инфекций,
- жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав и др.) и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших,
- термотолерантные колиформные бактерии,
- общие колиформные бактерии,
- колифаги.

К списку санитарно-химических и микробиологических показателей в СанПиН 2.1.5.980-00 добавлен и показатель радиационной безопасности воды – суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии.

Содержание отдельных веществ, загрязняющих воду подземных и поверхностных водоисточников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурно-бытового водопользования приводится в вышеупомянутых гигиенических нормативах - **ГН 2.1.5. 1315-03 и ГН 2.1.5. 1316-03**. В них приведены сведения, соответственно, по **ПДК для 1356 веществ** и по **ОДУ содержания 442 загрязняющих веществ**.

Таким образом, перечень нормируемых в водах этих типов водопользования загрязнителей, заметно увеличен.

Часто возникает вопрос, на каком участке водного объекта контролировать соответствие качества его воды вышеуказанным нормативам? В данном случае – на тех участках акватории, которая попадает под воздействие данных типов водопользования. Ниже, с выделением, указаны эти контрольные участки водных объектов.

Состав и свойства воды водных объектов должны соответствовать нормативам в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.), а на непроточных водоемах и водохранилищах - в одном километре в обе стороны от пункта водопользования.

1.3 Нормирование качества питьевой воды

Качество воды источников питьевого водоснабжения нормируют следующие основные нормативные документы:

СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Данные санитарные правила применяются в отношении воды, подаваемой системами водоснабжения и предназначенной для потребления населением в питьевых и бытовых целях, для использования в процессах переработки продовольственного сырья и производства пищевых продуктов, их хранения и

торговли, а также для производства продукции, требующей применения воды питьевого качества.

СанПиН 2.1.4.1175-02 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».

Эти санитарные правила и нормы устанавливают гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного водоснабжения. Нецентрализованным водоснабжением является использование для питьевых и хозяйственных нужд населения воды подземных источников, забираемой с помощью различных сооружений и устройств, открытых для общего пользования или находящихся в индивидуальном пользовании, без подачи ее к месту расходования.

СанПиН 2.1.4.1074-01 более полный и расширенный документ в части сведений о нормативном содержании загрязняющих веществ. СанПиН 2.1.4.1175-02 содержит только требования к общим химическим и микробиологическим показателям качества воды. Содержание отдельных химических веществ в подземных водах – источниках водоснабжения - нормируется по СанПиН 2.1.4.1074-01.

В соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.1074-01 *«питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства».*

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в табл. 1 данных санитарных норм и правил. Нормированию подлежат следующие микробиологические показатели:

- термотолерантные колиформные бактерии;
- общие колиформные бактерии,
- общее микробное число,
- колифаги,
- споры сульфитредуцирующих клостридий,
- цисты лямблий.

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (табл.2 СанПиН 2.1.4.1074-0). Нормируемыми **обобщенными показателями** качества питьевой воды являются:

- водородный показатель,
- общая минерализация (сухой остаток),
- жесткость общая,
- окисляемость перманганатная,
- нефтепродукты, суммарно,
- поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные,
- фенолы.

В этой же табл.2 приведен перечень ПДК для 25 наиболее распространенных загрязняющих веществ.

Более полные сведения о нормативном содержании **отдельных вредных веществ** содержатся в прил.2 данных санитарных норм и правил и в упоминаемых уже выше - **ГН 2.1.5. 1315-03** «Предельно допустимые уровни (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и **ГН 2.1.5. 1316-03** «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Поскольку процесс улучшения качества природных вод на станциях водоподготовки связан с применением химических реактивов и использованием физических методов, нормированию обязательно подлежит содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения. К ним относятся: остаточный свободный и связанный хлор, хлороформ (при хлорировании воды), остаточный озон, формальдегид (при озонировании воды), полиакриламид, активированная кремнекислота, полифосфаты, остаточные количества

алюминий – и железосодержащих коагулянтов. Данные сведения включены в табл. 3 СанПиН 2.1.4.1074-01.

И, наконец, для нас - потребителей воды - очень важно, чтобы вода была приятна по своим органолептическим свойствам. Сведения о нормируемых органолептических показателях воды: **запахе и привкусе, цветности, мутности воды** приводятся в табл.4 рассматриваемых санитарных норм и правил.

В этом аспекте стоит заметить, что некоторые таблицы и Приложение 2 СанПиН 2.1.4.1074-01 вызывают большие нарекания как со стороны химиков – Я.Л. Хромченко «Разработка Единого перечня...» [80], так и со стороны специалистов в области охраны вод Г.А. Оболдина, Е.А. Поздина «Проблемы мониторинга...» [58]. Что свидетельствует о недоработанности данного нормативного документа.

Кратко остановимся на понятии физиологической полноценности питьевой воды тесно связанной с нормативами качества питьевой воды.

По СанПиН 2.1.4.1074-01 минерализация в питьевой воде допускается 1000 мг/л, общая жесткость – 7 градусов жесткости (далее °Ж). По медико-биологическим исследованиям содержание солей жесткости в питьевой воде должно соответствовать 3-4 °Ж. Желательная минерализации вод, согласно европейским стандартам, составляет 400 мг/л. Исследовавшая эту проблемы группа специалистов в Японии опубликовала данные об оптимальной для организма человека минерализации воды на уровне 30-200 мг/л.

Перенос ПДКвр (или ПДКр/х) равной 1000 мг/л в сферу охраны питьевых водоисточников «явился серьезным экологическим просчетом» согласно Г.А. Оболдиной и Е.А. Поздиной [58, с. 11].

Специалистами по охране водных ресурсов [58] в качестве перспективного нормативного документа в части физиологической полноценности воды признается **СанПиН 2.1.4.1116-02 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества"**.

Физиологическая полноценность макро- и микроэлементного состава расфасованной воды определяется ее соответствием нормативам, представленным в этом документе (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Нормативы к макро- и микрокомпонентам состава расфасованной воды (по СанПиН 2.1.4.1116-02)

Показатели	Единицы измерения	Нормативы физиологической полноценности питьевой воды	Нормативы качества расфасованных вод	
			Первая категория	Высшая категория
Общая минерализация (сухой остаток), в пределах	мг/л	100 - 1000	1000	200-500
Жесткость	мг-экв/л	1,5 - 7	7	1,5-7
Щелочность	"-	0,5 - 6,5	6,5	0,5-6,5
Кальций (Ca)	мг/л	25 - 130	130	25 - 80
Магний (Mg)	"-	5 - 65	65	5 - 50
Калий (K)	"-	-	20	2 - 20
Бикарбонаты (НСО ₃)	"-	30 - 400	400	30 -400
Фторид-ион (F)	"-	0,5-1,5	1,5	0,6 -1,2
Йодид-ион (J)	мкг/л	10 - 125	125	40 - 60

Из табл. 1.1 видно, что норматив по минерализации для воды высшей категории устанавливается на уровне 200-500 мг/л наряду с нормативами физиологической полноценности питьевой воды в пределах 100-1000 мг/л. Исходя из данных этой таблицы вполне правомерен вопрос, какие показатели более важны для человека, нормативы физиологической полноценности (3 столбец) или нормативы качества расфасованной воды (5 столбец). Оценивая даже только один показатель – минерализацию воды - ответ очевиден. Нормативы качества расфасованной воды высшей категории. Как

минимальная минерализация – 100-200 мг/л, так и максимальная – 500-1000 мг/л бесполезны для организма человека [58].

По большинству параметров российский СанПиН 2.1.4.1074-01 удовлетворяет рекомендациям ВОЗ и не уступает зарубежным стандартам, а в некоторых позициях их даже превосходит (табл. 1.2). Как справедливо в своей работе отмечают В.К. Шитиков с соавторами [83] - утвержденные еще во времена СССР нормативы всегда были весьма жесткими, но редко соблюдались на практике.

Ниже, в табл. 1.2 приведены нормативы к питьевой воде, принятые СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды..», нормы Европейского Сообщества (ЕС) – директива «По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком» 98/83/ЕС, международные рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) «Руководство по контролю качества питьевой воды 1992 г.» и нормы Агентства по охране окружающей среды США (U.S.EPA).

1.4 Нормирование качества воды водных объектов рыбохозяйственного водопользования

К рыбохозяйственному водопользованию относится использование водных объектов для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов.

Принципиальное отличие рыбного хозяйства от большинства других отраслей состоит в том, что воспроизводство рыбных ресурсов напрямую зависит от экологической ситуации в водном объекте.

Рыбохозяйственные водные объекты или их участки могут относиться к одной из трех категорий:

Таблица 1.2

**Требования к качеству питьевой воды
по некоторым неорганическим веществам [72;79]**

Показатели	СанПиН 2.1.4.1074-01				ВОЗ	U.S.EPA	ЕС
	Ед. измер.	Нормативы (ПДК), не более	ЛПВ	Класс опасности			
1	2	3	4	5	6	7	8
Алюминий (Al^{3+})	мг/л	0,5	сан-токс.*	2	0,2	0,2	0,2
Азот аммонийный (NH_4^+)	мг/л	2,0	сан-токс.	3	1,5	-	0,5
Барий (Ba^{2+})	мг/л	0,1	"-	2	0,7	2,0	0,1
Бериллий (Be^{2+})	мг/л	0,0002	"-	1	-	0,004	-
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5	"-	2	0,3	-	1,0
Ванадий (V)	мг/л	0,1	"-	3	0,1		
Висмут (Bi)	мг/л	0,1	"-	2	0,1		
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3	орг.	3	0,3	0,3	0,2
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	сан-токс.	2	0,003	0,005	0,005
Кобальт (Co)	мг/л	0,1	сан-токс.	2	-	-	-
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1 (0,5)	орг.	3	0,5 (0,1)	0,05	0,05
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0	"-	3	2,0 (1,0)	1,0-1,3	2,0
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05	сан-токс.	2	0,01	0,05	0,01
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	сан-токс.	3			
Нитраты (по NO_3^-)	мг/л	45	сан-токс.	3	50,0	44,0	50,0

1	2	3	4	5	6	7	8
Нитриты (по NO ₂ ⁻)	мг/л	3,0	орг.	2	3,0	3,5	0,5
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	сан-токс.	1	0,001	0,002	0,001
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03	"-	2	0,01	0,015	0,01
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01	"-	2	0,01	0,05	0,01
Серебро (Ag ⁺)	мг/л	0,05		2	-	0,1	0,01
Сероводород (H ₂ S)	мг/л	0,03	орг.	4	0,05	-	
Стронций (Sr ²⁺)	мг/л	7,0	сан-токс.	2	-	-	-
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/л	500	орг.	4	250,0	250,0	250,0
Фториды (F) для климатических районов: - I и II	мг/л						
		1,5	сан-токс.	2	1,5	2,0-4,0	1,5
- III	мг/л	1,2	"-	2			
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	350	орг.	4	250,0	250,0	250,0
Хром (Cr ³⁺)	мг/л	0,5	сан-токс.	3	-	0,1 (всего)	-
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	"-	3	0,05		0,05
Цианиды (CN ⁻)	мг/л	0,035	"-	2	0,07	0,2	0,05
Цинк (Zn ²⁺)	мг/л	5,0	орг.	3	3,0	5,0	5,0

Примечание. * ЛПВ сан-токс. – санитарно-токсикологический; ЛПВ орг. – органолептический

к **высшей категории** относятся места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных и ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для искусственного разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

к **первой категории** относятся водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

ко **второй категории** относятся водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Отнесение водного объекта к рыбохозяйственным водным объектам какой-либо из указанных категорий производится на основании **ГОСТ 17.1.2.04-77** [20].

Согласно Приложению 1 Правил [64] в воде водных объектов данного типа водопользования нормируется **12 общих химических и микробиологических показателей качества воды**:

- содержание взвешенных веществ,
- плавающие примеси,
- запахи и привкусы,
- окраска,
- температура,
- рН,
- общее солесодержание,
- содержание растворенного кислорода,
- БПКполн.,
- содержание химических веществ,
- содержание возбудителей заболеваний,
- токсичность воды.

Содержание отдельных загрязняющих веществ нормирует новый Перечень нормативов качества воды водных объектов... за 2010 год [62], где приведены ПДК_{вр} для 1071 вещества и одна региональная ПДК_{вр} бора для р. Рудной Приморского края.

Нормативы качества поверхностных вод рыбохозяйственного назначения или их природный состав и свойства (в случае природного превышения этих нормативов) соблюдаются на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, но не далее чем 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод (мест добычи полезных ископаемых, производства работ на водном объекте и т.п.).

В то время как другие методы экологического нормирования находятся еще на стадии разработки, метод установления эколого-рыбохозяйственных ПДК отработан и методика его проведения утверждена Федеральным Агентством по рыболовству (приказ от 4 августа 2009 г. № 695).

В 2009 году выходят Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения...[47], содержащие все основные принципиальные позиции по данному вопросу.

Более того, п. 7 данных Методических указаний предполагает разработку ПДК с учетом природных особенностей водных объектов, что заметно облегчает и ускоряет процедуру введения региональных ПДК для водных объектов данного типа водопользования.

За ПДК вещества для всей трофической цепи от бактерий до рыб принимается *наименьшая его концентрация, которая не вызывает отклонений жизнедеятельности ни в одном из пищевых звеньев и не влияет на санитарные химические показатели воды.*

Данная наименьшая концентрация определяет наиболее чувствительное звено к данному веществу, которым может быть как сапрофитная микрофлора, так и изменение гидрохимических параметров среды обитания рыб или, например, показатели жизнедеятельности рыб. Именно это отмеченное чувствительное звено является определяющим, лимитирующим при установлении ПДК вещества, поскольку

выпадение данного звена из сбалансированной экосистемы может вывести ее из равновесия.

Таким образом, «рыбохозяйственная ПДК» защищает не только популяцию рыб, но и всю водную экосистему [73].

1.5 Нормирование техногенного воздействия на водные объекты

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Требования, предъявляемые собственно к антропогенному воздействию, отражают *научно-технические нормативы*.

Нормирование антропогенного воздействия представлено рядом взаимосвязанных нормативов: нормативов допустимого воздействия (**НДВ**), нормативов допустимого сброса (**НДС**), нормативов качества водной среды (**НКВС**). Нормативные акты, в которых содержатся требования по нормированию антропогенного воздействия на русла и бассейны рек приведены в прил.1,2 пособия.

Наиболее задействованным на сегодняшний день является НДС. Основы данного норматива были разработаны более 40 лет назад, изначально он был известен как ПДС – предельно-допустимый сброс (ПДС был заменен на НДС в 2007 году). В основу установления НДС положен принцип: при условии соблюдения этого норматива предприятиями региона содержание любой примеси в воде должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

Согласно ст.23 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. №7-ФЗ, при установлении НДС следует исходить из нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимой антропогенной нагрузки и технологических нормативов. Последние нормативы устанавливаются на основе использования наилучших существующих технологий.

Понятие «технологический норматив» согласно этому Закону означает норматив, который отражает допустимую массу

сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции.

Понятие «наилучшая существующая технология» или **НСТ**, означает технологию, которая основана на последних достижениях науки и техники, направленную на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющую установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов. Кстати, НСТ не совсем методически разработанное понятие на сегодняшний день. У обычного водопользователя вызывает массу вопросов.

В процессе разработки действенных технологических нормативов в настоящее время существует ряд проблем: правовых, нормативно-методических.

Правовые проблемы

Наиболее полно основы нормирования антропогенного воздействия на водные объекты изложены в Федеральном законе «Об охране окружающей среды», где прописаны нормативы допустимого воздействия (НДВ) на окружающую среду (ст.22) и нормативы допустимого сброса (НДС) веществ и микроорганизмов (ст.23). В этом аспекте главное достоинство этого закона в том, что в нем четко изложены определения нормативов и лимитов. Наиболее заметна взаимосвязь между различными нормативами в статье 23, согласно которой НДС устанавливаются, исходя из НДВ на водные объекты и НКВС с учетом технологических нормативов (НТ). При этом указывается, что НТ устанавливаются для источников воздействия на основе использования наилучших существующих технологии (НСТ).

В 2007 году вступает в силу Водный кодекс РФ, упрощающий представленную систему нормирования. Речь в этом документе идет только об установлении НДВ на водные объекты. Согласно с. 35 нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатываются на основании предельно допустимых концентраций химических веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов и других показателей качества воды в водных объектах. При этом ничего не сказано об учете природных особенностей речного бассейна.

К большому сожалению, о таком нормативе как НДС данный документ даже не упоминает.

Следовательно, из законодательной базы выпал важнейший элемент системы такого нормирования – НДС, а вместе с ним «вне закона» остались лимиты на сброс (ВСС) [68].

Нормативно-методические проблемы

Действующая методика по расчету НДС и методические указания по разработке НДС нуждаются в доработке и согласовании между собой.

Недостатки методики расчета НДС:

1. Согласно п.8. Методических указаний по разработке НДС [46] нормативы допустимого воздействия на водный объект разрабатываются для следующих видов воздействий:

- 1) привнос химических и взвешенных веществ;
- 2) привнос радиоактивных веществ;
- 3) привнос микроорганизмов;
- 4) привнос тепла;
- 5) сброс воды;
- 6) забор (изъятие) водных ресурсов;
- 7) использование акватории водных объектов для строительства и размещения причалов, стационарных и (или) плавучих платформ, искусственных островов и других сооружений;
- 8) изменение водного режима при использовании водных объектов для разведки и добычи полезных ископаемых.

Но методически пока разработаны только три вида воздействия на водные объекты: **привнос в водные объекты химических веществ, привнос в водные объекты микроорганизмов и изъятие водных ресурсов**, в приложениях к Методическим указаниям по разработке НДС приведены примеры расчетов допустимого воздействия именно по этим видам воздействия.

К сожалению, ничего не сказано о таком важном воздействии как изменение водного стока под влиянием гидротехнического строительства.

2. Расчет НДС по привнесению химических веществ (НДВхим) ориентирован только на водотоки и проточные водохранилища с коэффициентом водообмена более 5. Если учесть, что большинство водоемов в Удмуртии имеет умеренный (коэффициент водного обмена от 0,1 до 5) и даже замедленный (до 0,1 коэффициент водообмена) режим проточности, формулы, представленные в методических указаниях по расчету НДСхим становятся непригодными.

Недостатки методики расчета НДС:

1. Для водопользователей, расположенных в пределах водохозяйственного участка, расчет НДС осуществляется на основе НДС при соблюдении баланса загрязняющих веществ. Однако, это невозможно, так как методы расчета НДС и НДС принципиально отличаются. Расчет НДС осуществляется с учетом ассимилирующей способности водного объекта, а НДС – нет. Кроме того, расчет НДС для веществ двойного генезиса осуществляется на основе региональных нормативов качества вод, а расчет НДС – на основе ПДК.

2. Отсутствие указаний на установление лимитов на сброс загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей. На сегодняшний день многие водопользователи по ряду причин не могут достичь НДС. В методике не прописаны условия установления для водопользователей лимитов на сброс.

3. НДС рассчитываются отдельно по месяцам и в целом за год. Для таких расчетов необходимо иметь не только ежемесячные фоновые концентрации, но и ежемесячные данные о составе отводимых сточных вод. Основная же форма государственной статотчетности - форма 2 тп-«водхоз» подобных сведений не включает.

1.6 Современные проблемы оценки и нормирования качества природных вод

Основной принцип оценки качества вод, используемый уже длительное время в водоохранной практике нашей страны состоит в сопоставлении результатов определения в отдельных точках водного объекта химического состава, физических

свойств и бактериологических характеристик воды с нормативными величинами соответствующих показателей [42].

При всей своей кажущейся простоте этот метод не может стать рабочим инструментом оценки качества воды в повседневной практике, с помощью которого исчерпывающим образом можно было бы относить исследуемую воду к какому-либо определенному классу по качеству. Связано это с тем, что современные методы определения многих химических веществ в воде на уровне ПДК крайне неточны, трудоемки и дорогостоящи.

ПДК достаточно условны и существенно отличаются в различных странах, несмотря на унифицированные методы по их установлению. Например, в России [50] по сравнению с другими странами (Канада, США) неоправданно низкие значения для меди, ванадия, марганца и др., тогда как нормативы для кадмия, свинца, алюминия завышены.

Неоправданно жестокий норматив для меди в России. Столь низкая ПДК для меди (1 мкг/л), обусловлена, очевидно, токсичностью ее ионной формы. Однако, по данным Т.И.Моисеевой [50] концентрация свободных ионов меди в природных водах менее 10% от валового содержания, поскольку для большей части поверхностных вод России характерно достаточно высокое содержание гумусовых кислот, способных связывать и инактивировать этот металл. Из этого вытекает важный вывод, что распространять утвержденное значение ПДК по меди на все регионы и на все типы вод России не совсем правомерно.

Плюс ко всем вышесказанным недостаткам ПДК, А.П.Левич с соавторами указывают на неправомерность экстраполяции нормативов ПДК на реальные природные объекты в силу того, что «нормативы ПДК определяются в лабораторных условиях в краткосрочных (дни) и хронических (недели) экспериментах на изолированных популяциях организмов, принадлежащих к небольшому числу тестовых видов, но ограниченных по набору физиологических и поведенческих реакций отдельных видов по отношению к отдельным факторам» [41].

К тому же В.А. Абакумов и Л.М. Сущеня [1] показали, что **концепция ПДК экологически не обоснована.** Ниже приведем несколько утверждений этого, дополняющих вышесказанное:

- ПДК принимаются как единые нормативы для огромных административных территорий (например, всей территории РФ) в то время как действие загрязняющих веществ зависит от специфических фоновых, климатических, хозяйственных и многих других характеристик конкретного региона;

- за несколько десятилетий в результате достаточно дорогостоящих исследований для водоемов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного назначения установлено около 1300 ПДК, тогда как число загрязняющих веществ антропогенного происхождения превысило миллионы наименований и ежегодно синтезируется около четверти миллиона новых химических веществ. В результате происходящих химических реакций и превращений химических элементов в водной среде происходит образование новых соединений, которые могут быть токсичнее исходных ингредиентов. Действие физических, химических и других факторов при их комбинировании может суммироваться (например, аддитивное действие) или усиливаться (синергизм). Наибольшую опасность для водной экосистемы представляет синергетическое действие факторов;

Недостатки концепции ПДК известны давно, необходимо приступить к конкретной разработке комплекса методов, способных заменить существующие методы контроля. Многим специалистами по охране вод в качестве альтернативных данному методу нормирования качества вод называется интегральная оценка качества воды с использованием биотестирования и гидрохимических показателей.

А ПДК пусть и далее используются при нормировании допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ со сточными водами от водопользователей, на что они изначально и были нацелены.

Естественно, что вопрос оценки качества воды тесно связан с нормативами качества, разработанными для природных вод. Изначально такие нормативы разрабатывались в зависимости от водохозяйственного индекса водного объекта.

В связи с реализацией ФЦП «Чистая вода» [63] специалистами в области химии воды поднимаются вопросы о разработке единых нормативов обеспечения экологической безопасности водных объектов, о разработке и внедрении Единого перечня нормируемых химических веществ в водных объектах. Это обусловлено естественной тесной взаимосвязью элементов единой системы *«природные воды - питьевые воды - сточные воды - очищенные сточные воды - природные воды»*. На сегодняшний день нормирование содержания химических веществ в этих водных средах осуществляется через многочисленные перечни загрязняющих веществ, принятые различными ведомствами, которые не связаны ни едиными нормативными документами, ни едиными подходами к проблеме нормирования качества воды. Такая работа, по мнению автора, действительно необходима и целесообразна. Но осуществлять ее надо поэтапно. И вначале в секторе нормативно-технической базы коммунального водного хозяйства, на улучшение работы которого и направлена данная ФПЦ - для облегчения, упрощения и повышения эффективности процедуры контроля качества источников питьевого водоснабжения. Результатом такой работы будет появление единой контрольно-аналитической и контрольно-надзорной базы в области водоснабжения и водоотведения.

Пока слабо представляется - как будет идти подобная работа между ведомствами, контролирующими водные объекты разного типа водопользования, например, Роспотребнадзором и Росрыболовством.

Хотя ст. 3 Водного кодекса и оговаривается приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения перед иными целями их использования.

Однако, за почти полувековую историю формирования нормативных требований, предъявляемых к водным объектам питьевого, хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного

назначения, выросла очень серьезная методологическая и метрологическая разобщенность.

А ведь для разработки единых нормативов оценки качества природных вод необходима огромная работа по сравнительной оценке этих разрозненных, установленных разными ведомствами, нормативов. По мнению автора это затруднительно на сегодняшний день, как технически, так и методически. Поэтому для осуществления данной работы в современных условиях подходит пока площадка жилищно-коммунального сектора. Этот сектор экономики характеризуется близкой нормативной базой в области нормирования содержания в водной среде химических веществ, сформированной Роспотребнадзором и Минздравом РФ. В этом случае концентрация усилий должна быть направлена на улучшение созданных ранее нормативов в области водоснабжения и водоотведения. А также на разработку новых нормативов химических загрязняющих веществ, поступающих в водоисточники или присутствующих в них.

К сожалению, при этом, подобные исследования будут охватывать не все структурные звенья системы *«природные воды - питьевые воды - сточные воды - очищенные сточные воды - природные воды»*. Но таковы реалии сегодняшнего дня.

И еще про одну проблему, связанную с оценкой и нормированием качества вод, хотелось бы сказать отдельно. Это сложность природных вод как объекта химико-аналитического исследования. И объясняется это огромным количеством загрязняющих веществ, подлежащих определению в водной среде. М.В. Клейн [38] выделяет 3 неравных группы веществ по критериям требуемых пределов обнаружения:

1 группа – макрокомпоненты химического состава воды, ионы некоторых металлов и их водорастворимые соединения. Эта группа наиболее распространена в водной среде (в силу высокой активности природного поступления) и характеризуется достаточно высокими пределами обнаружения. Источники их выделения, связанные с антропогенной деятельностью – прежде всего топливно-энергетический и машиностроительный комплексы, а также другие отрасли промышленности. Контроль этих показателей возможен в ряде

случаев в полевых условиях, но достоверность таких анализов резко снижается в зимнее время;

2 группа – основная часть органических загрязнителей (это и вещества 1-2 класса опасности, и нефтепродукты, и фенолы), а также неорганические токсиканты (соли тяжелых металлов, цианиды). Эта группа охватывает до 80% общего числа контролируемых в водной среде показателей. Источники эмиссии этих загрязнителей промышленное производство – главным образом, химический и нефтехимический комплексы, а также сельское хозяйство (обработка полей хлор- и фосфорорганическими пестицидами). Диапазон нормируемых значений концентраций веществ 2-ой группы составляет 10^{-3} – 10^{-7} мг/л. Важной особенностью их определения является соблюдение требования высокой селективности при малых пределах обнаружения, что предопределяет необходимость их определения в условиях стационарных лабораторий;

3 группа – так называемые «сильные токсиканты» (полихлорифенилы, диоксины и т.д.). Пределы обнаружения для них находятся в диапазоне 10^{-7} – 10^{-9} мг/л. Чаще всего для определения соединений 3-й группы требуется уникальное оборудование. Так, например, анализ диоксинов осуществляется на территории России лишь в 5 центрах. Таким образом мы имеем дело с нехваткой аттестованных лабораторных мощностей.

Несмотря на все вышеперечисленные проблемы системы оценки и нормирования качества природных вод, на сегодняшний день многими специалистами в этой области предлагаются следующие основные пути ее совершенствования:

- разработка методов экспрессного нормирования в пресных и морских водах;

- разработка и внедрение методов биотестирования в практику контроля качества природных и сточных вод;

- разработка критериев качества для донных отложений, как единой составляющей водной экосистемы.

2. ОСНОВНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОД

В данном разделе представлены основные виды классификаций показателей качества воды, сформировавшихся как в нашей стране, так и за рубежом.

2.1 Отечественные классификации показателей качества вод

Наиболее полная классификация показателей качества природных вод содержится в монографии А.М.Никанорова «Научные основы мониторинга качества вод», опубликованная в 2005 году. Ниже, приводится классификация показателей качества вод, разработанная А.М.Никаноровым в соавторстве с В.П.Емельяновой [54].

Согласно А.М.Никанорову, все гидрохимические показатели делятся на две взаимосвязанные группы – натуральные и относительные расчетные.

Натуральные показатели – ингредиенты и показатели химического состава вод, определяемые аналитически. Поскольку это очень обширная и неоднозначная группа показателей, Никаноров делит ее на три вида: *дифференцированные, групповые и интегральные показатели*.

Дифференцированные показатели – «ингредиенты качества воды, характеризующие только одно из ее свойств» [54, с.451]. К этим показателям, например, относятся хлориды, сульфаты, ионы кальция и т.п.

Групповые показатели несут в себе информацию о группах веществ (БПК, нефтепродукты, ХПК, фенолы).

Интегральные показатели – показатели, характеризующие группу однородных свойств воды, обусловленных физико-химическими, биохимическими процессами. В эту группу входит, например, рН, растворенный в воде кислород, жесткость воды и др.

При оценке качества воды натуральные показатели сравниваются с нормативными значениями.

Относительные расчетные показатели – показатели, получаемые расчетным путем.

Ниже приводятся различные **классификации относительных показателей** качества вод.

Классификация первая - по степени обобщения и формализации. По данному критерию А.М.Никаноров [54] делит относительные показатели на четыре подвида: статистические, косвенные, обобщенные и интегральные.

Примером **статистических показателей** являются средние арифметические и средние взвешенные значения, мода, медиана и др. К **косвенным показателям** относятся кратность и повторяемость превышения ПДК. Эти виды относительных показателей имеют низкий уровень обобщения (первый). Статистические и косвенные показатели более подробно рассмотрены в третьей главе данного учебно-методического пособия.

Обобщенные показатели «отражают оценку загрязненности поверхностных вод через условные, обычно цифровые, показатели, получаемые расчетным путем и относительно отображающие в том или ином аспекте состояние водных объектов» [54, с. 454]. Уровень формализации (обобщения) этих показателей первый и второй. К этой группе показателей относятся, например, показатели, разработанные ГГИ [44]. Эти показатели оценивают общую нагрузку речного потока лимитирующими и репрезентативными веществами по их средней концентрации в поперечном сечении потока и ее динамику, обусловленную изменениями гидролого-гидродинамических элементов потока (расхода воды, скоростей течения, глубин и т.д.) и особенностями режима поступления указанных веществ в водоток.

Интегральные показатели – это «вид оценок загрязненности и качества поверхностных вод, уплотняющих исходную информацию по широкому спектру наиболее информативных гидрохимических параметров, в том числе и разнородных по своим свойствам, с целью получения однозначной оценки» [54, с.455-456].

В интегральных показателях соединены воедино данные по разным ингредиентам химического состава воды и по ее

физическим свойствам, которые затем выражены через одну скалярную величину. При этом ряд относительных показателей самого нижнего – первого уровня объединены логическим условием или математическим выражением в показатель второго уровня, ряд показателей второго уровня объединяются затем в показатель третьего уровня и т.д. Показатели третьего и последующего уровней называют интегральными. Примером интегрального показателя является **Интегральный показатель качества воды Г**, рекомендованный О.В.Тютковым в монографии «Оптимизация планирования водного хозяйства промышленных районов», выпущенной в 1985 году [77]. Более подробное описание данного и других интегральных показателей приведено в третьей главе пособия.

Классификация вторая – по характеру отображаемой информации. Все относительные показатели разделены А.М.Никаноровым [54] на три вида: покомпонентные, групповые и комплексные.

Покомпонентные показатели – показатели, отражающие загрязненность воды отдельными ее компонентами (содержание хлоридов, содержание меди, содержание соединений азота аммонийного и т.п.). Однозначную оценку загрязненности воды эти показатели дать не могут. Этот вид показателей имеет низкий уровень обобщения информации (первый, реже второй).

Групповые показатели производят оценку загрязненности (качества) воды по отдельным группам однородных химических веществ (по главным ионам, по биогенным соединениям, по растворенным газам, по микроэлементам и т.п.). Оценка, даваемая такими показателями узконаправленна.

Комплексные показатели производят оценку загрязненности (качества) воды по большому числу параметров, в том числе с учетом разнородных свойств воды. Примером комплексных показателей загрязненности (качества) воды могут являться КИЗВ и УКИЗВ (см. главу 3 данного пособия).

Классификация третья – по формам выражения. Все относительные показатели подразделяются на коэффициенты, индексы, классификации.

Коэффициенты загрязненности воды – это комплексные оценки первого, реже второго уровня обобщения. К таким показателям относится, например, **коэффициент загрязненности КЗ** В.Р.Лозанского с соавторами [3].

Индекс загрязненности (качества) воды – это «относительная числовая величина, количественно и однозначно характеризующая разнородную совокупность компонентов и соединений химического состава поверхностных вод» [54, с.456]. Они обобщают более широкие группы натуральных показателей, с большей степенью объективности, по сравнению с коэффициентами. Имея более сложную структуру, они обеспечивают адекватную оценку качества воды. К ним относится индекс качества воды (ИКВ) Гурария и Шайна [22].

Классификации загрязненности (или качества) вод – распределение показателей загрязненности (качества) вод согласно определенному общему признаку по классам с образованием системы.

Классификации представляют наиболее давнюю форму выражения качества поверхностных вод. Еще в 1912 году в Англии подобная классификация была предложена Королевской комиссией по сточным водам [24].

В 1962 году в СССР А.А.Былинкиной с соавторами [6] была предложена классификация водоемов с разделением категорий по химическим, бактериологическим и гидробиологическим признакам и физическим свойствам. Эта классификация заложила основы широко распространенной шестибальной шкалы оценки состояния водоемов. Оценка качества воды осуществлялась с использованием следующих групп показателей [24]:

- химические показатели – содержание растворенного кислорода, рН, БПК₅, окисляемость, аммонийный азот, содержание токсичных веществ;

- бактериологические и гидробиологические показатели – коли-титр и коли-индекс, количество сапрофитных организмов, количество яиц гельминтов, сапробность и

биологический показатель загрязнения (БПЗ), или *индекс Хорасавы*, принятый в международном стандарте качества питьевой воды и представляющий собой отношение количества одноклеточных организмов, не содержащих хлорофилла (*B*), к общему количеству организмов, включая содержащие хлорофилл (*A*), выраженное в %: $БПЗ = 100 \cdot B / (A + B)$;

- показатели состояния водоемов по органолептическим свойствам – прозрачность, содержание взвешенных веществ, запах воды, внешний вид поверхности воды.

Кроме того, в начале 1960-х гг., когда вследствие ядерных испытаний достигала значительной остроты проблема глобального радиационного загрязнения, определенное внимание уделялось также радиоактивности природных вод: «В отношении содержания радиоактивных веществ показателем может быть взята суммарная β - активность, поскольку в отношении данного определения имеется наибольшее количество аналитических материалов» [24, с.137].

Одной из наиболее успешных классификаций, используемых для комплексной оценки качества поверхностных вод, является классификация, предложенная В.Н.Жукинским с соавторами в 1980 году [31]. В ней, как и в классификации А.А.Былинкиной, наряду с гидрохимическими показателями качества воды – рН, азот аммонийный, азот нитратный, фосфаты, процент насыщения воды растворенным кислородом, окисляемость перманганатная и бихроматная, БПК₅, используются и бактериологические показатели: биомасса фитопланктона и нитчатых водорослей, индекс самоочищения. Степень загрязненности воды оценивается с учетом эфтрофирования водоемов, что актуально для крупных источников водоснабжения [14].

Официальных источников, где были предприняты попытки оценить степень загрязнения вод с помощью классификаций не так много. Здесь можно привести Методические указания (МУ) «По гигиенической оценке малых рек и санитарному контролю за мероприятиями по их охране в местах водопользования» №3180-84 [45] и СанПиН № 4630–88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» [70]. В данных нормативных документах

представлены однотипные гигиенические классификации степени загрязнения воды, где в качестве оценочных показателей рассматриваются запах, БПК₂₀, содержание токсичных веществ, растворенного кислорода и число лактоположительных кишечных палочек.

2.2 Оценка и нормирование качества природных вод за рубежом

Касаясь развития исследований данной проблематики, уместно сделать небольшое отступление и вспомнить, что существующие на сегодняшний день методы комплексной оценки загрязненности поверхностных вод принципиально разделяются на две группы. К первой относятся методы, позволяющие оценивать качество воды по совокупности гидрохимических, гидрофизических, гидробиологических, микробиологических показателей. Ко второй группе – методы, связанные с расчетом комплексных индексов загрязненности воды. Развитие методов второй группы – комплексных (обобщенных) показателей загрязненности воды по времени запоздало по сравнению с развитием методов первой группы - классификаций качества воды. Этот метод в оценке состояния водоемов имеет давнюю историю. Первая подобная классификация была предложена в 1912 году в Англии Королевской комиссией по сточным водам [24]. Правда, тогда были использованы в основном химические показатели. Согласно внешним признакам загрязнения, водоемы были разделены на шесть групп: очень чистые, чистые, довольно чистые, сравнительно чистые, сомнительные и плохие. В качестве показателей взяты БПК₅, окисляемость, аммонийный и нитратный азот, взвешенные вещества, хлор-ион и растворенный кислород. Кроме того, учитывались запах, мутность воды, наличие или отсутствие рыб, характер водной растительности. Наибольшее значение придавалось величине БПК.

И только в 60-хх годах стали развиваться методы второй группы – оценка качества природных вод комплексными показателями.

Так, первая попытка создать обобщенный показатель качества воды в США была предпринята в 1965 году [26]. Индекс Хортон относился к классу убывающих, т.е. таких показателей, чьи значения уменьшаются при росте концентрации загрязняющих веществ. Он рассчитывался по десяти параметрам, для восьми из которых весовые коэффициенты, определяющие относительную важность переменных, устанавливались экспертно. Для оставшихся двух – температуры и явного загрязняющего компонента – подбирались коэффициенты.

В целом, в 1960-х вопросы охраны природных вод не получили еще должного внимания, и возникшие в этот период предложения об использовании обобщенных показателей не нашли большого резонанса. Позднее, в 1970-х годах, в связи с началом широкомасштабных программ по охране окружающей среды работы по оценке качества воды были продолжены и углублены.

В это же время появляется ряд известных публикаций Брауна [87], Хайнса [88], посвященных оценке качества воды.

Появляются новые зарубежные обобщенные показатели, учитывающие многие из тех ингредиентов, что рассматривались в качестве приоритетных и отечественными комплексными оценками качества воды.

Так, Национальная организация по санитарии (США) разработала индекс качества воды WQI, включающей девять параметров – растворенный кислород, коли-индекс, рН, БПК₅, нитраты, фосфаты, температура, мутность, взвешенные вещества. Отличительной его особенностью является использование для определений значений подындеков непрерывных кривых вредности, специально построенных экспертным путем [26]. Индекс рассчитывается по формуле:

$$WQI = \sum_{i=1}^n w_i I_i ,$$

где WQI – число от 0 до 100; I_i – подындекс для i -го параметра, вычисляемый по кривой вредности, число от 0 до 100; w_i – весовые коэффициенты, определенные экспертно

группой из 142 специалистов (числа от 0 до 1); n – число параметров.

В 1974 году выходит докторская диссертация Лэндехра (США) [54], в которой рассматривается схема оценки качества воды с применением индекса качества (ИКВ), рассчитываемого по таким известным уже показателям, как растворенный кислород, БПК, аммиак и ионы аммония, pH, общий азот, фосфаты, взвешенные вещества, температура, электропроводимость, *Escherichia Coli*.

В монографии Бойда [86] в классификации по оценке качества речной воды также рекомендуется использовать такие параметры как растворенный кислород, pH, БПК, взвешенные вещества, температура воды, вкус, запах, цветность воды, наличие токсикантов.

Наряду с химическими показателями за рубежом, как и в нашей стране, в последнее время все чаще говорят о применении для оценки качества вод биотестирования. В европейских странах при этом используются критерии качества воды (ККВ) для гидробионтов. Эти критерии разрабатываются в краткосрочных токсикологических экспериментах (ЛК₅₀ за 24ч, 48ч, 96ч). Однако и там, как в России переходят к проведению хронических экспериментов, так как появляются сведения о хроническом (24-30 суток) действии пестицидов, тяжелых металлов.

Используемые тест-организмы как в России, так и за рубежом, идентичны. Среди рыб – радужная форель, карп, окунь, щука; из беспозвоночных – дафния магна, хирономус плюмозус; из планктонных одноклеточных водорослей – сценедесмус, хлорелла [73].

Сложившаяся на сегодняшний день практика установления стандартов качества вод в странах Европейского Экономического сообщества (ЕЭС) очень разнообразна.

В то же время большая часть классификационных схем стран ЕЭС включает три основных параметра, характеризующих загрязнение: содержание растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода, содержание аммонийного азота.

Ниже приводится краткий обзор подобных классификаций. Более подробную информацию содержат работы В.А. Кимстач, 1993 [36], А.М. Никанорова, 2005 [54].

В национальной системе мониторинга Бельгии каждая отбираемая проба анализируется примерно по 40 параметрам. Две наиболее важные группы показателей относятся к кислородному балансу воды (КБВ) и содержанию в ней тяжелых металлов. Ответственность за выполнение этой процедуры возложена на Институт гигиены и эпидемиологии Министерства общественного здоровья и семьи.

Для оценки КБВ рассматривают три ключевых параметра баланса: процент насыщения растворенного кислорода, БПК₅ и содержание аммонийного азота. После того как в пробе определены перечисленные параметры, по каждому параметру по **5-балльной** экспертной шкале (балл 1 соответствует значениям кислорода — 91-110 %, БПК₅ — не более 3 мгО₂/л, аммонийного азота — менее 4 мг/л; балл 5 соответствует значениям кислорода — не более 30 и более 130 %, БПК₅ — более 15 мгО₂/л, аммонийного азота — более 5 мг/л) определяют баллы, которые суммируют для получения суммарного значения КБВ. Соответственно качество воды классифицируется от очень хорошего (КБВ = 3-4) до очень плохого (КБВ = 14-15). 5-балльная классификация вод по тяжелым металлам соответствует значениям ≤ 20 , ≤ 40 , ≤ 60 , ≤ 80 и > 80 % среднесуточной концентрации кадмия.

В Дании Датским национальным агентством по охране окружающей среды в 1983 г. были выделены группы водных объектов и участки с различными водохозяйственными характеристиками:

- 1) зоны особого интереса;
- 2) зоны нереста и нагула мальков лососевых рыб;
- 3) воды, в которых обитают лососевые;
- 4) воды, в которых обитают карповые;
- 5) водотоки со сбором дренажных вод и водотоки, находящиеся под косвенным воздействием сточных вод;
- 6) водотоки со сборами дренажных и сточных вод;

7) водотоки, находящиеся под воздействием сточных вод и не относящиеся к категории рыбохозяйственных;

8) водотоки, дренирующие пиритные почвы (низкий рН, осаждение оксидов железа), где фауна сильно поражена.

Озера и прибрежные воды делили на 4 типа:

1) зоны особого интереса;

2) воды для купания и для питьевых нужд;

3) воды с естественной разнообразной флорой и фауной;

4) озера, подверженные воздействию стоков, эксплуатации подземных вод и другим влияниям, а также озера, подверженные вредному воздействию сельскохозяйственного производства.

Для каждого из перечисленных видов использования вод были установлены экспертные критерии качества, которых следует придерживаться, чтобы достичь, а затем сохранить соответствующее данной цели качество. Например, воды, в которых обитают лососевые рыбы, должны удовлетворять следующим критериям: температура воды: 20°C (летом) и 10°C (зимой), максимальное изменение температуры при тепловом загрязнении принято 1°C, растворенный кислород - 6-8 мг/л и 9-12 мг/л (в течение 50% времени), рН - 6-9, максимальное изменение рН при сбросе стоков - 0,5, аммиак - менее 0,025 мг/л, хлор - менее 0,004 мг/л, общий цинк - менее 0,3 мг/л, взвешенные вещества — менее 25 мг/л, БПК₅ — не более 3 мг/л, общий аммоний — менее 1 мг/л.

Качество речных вод Дании (особенно рек, принимающих воды с очистных сооружений) оценивается при помощи так называемой степени загрязненности по органолептическим, физико-химическим и биологическим параметрам.

Во Франции в 1975 г. была разработана шкала качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям на основе анализа проведенной в 1971 г. инвентаризации степени загрязненности водоемов и водотоков по всей стране. Данная шкала состоит из 6 классов качества, где наилучшее качество соответствует 1-му классу, а наихудшее - 4-му, 5-му или 6-му

(в зависимости от оцениваемого показателя). Классификации подлежат следующие показатели: температура воды, °С; рН; осаждение, см³/л; растворенный кислород, мг/л; растворенный кислород, % насыщения; БПК₂, мгО₂/л; БПК₅, мгО₂/л; окисляемость, мг/л; взвешенные вещества, мг/л; ХПК, мг/л; хлориды, мг/л; сульфаты, мг/л; соли аммония, мг/л; нитраты, мг/л; нитриты, мг/л; натрий, мг/л; калий, мг/л; кальций, мг/л; ртуть, мг/л; гидрокарбонаты, мг/л; фенолы, мг/л; фосфаты, мг/л; СПАВ, мг/л.

Систематический мониторинг качества воды в этой стране осуществляется Бассейновыми агентствами по поручению Министерства окружающей среды.

Химические критерии оценки качества вод в Германии (Баварская служба использования вод) основаны на исследованиях, проведенных ранее в США и Шотландии. Соответствующий метод включает измерение ряда химических параметров в пробах воды с последующим представлением полученной комбинации результатов в виде одного числа — химического индекса, характеризующего обобщенное качество воды. Химический индекс вычисляется как:

$$CJ = \prod_{i=1}^n q_i W_i,$$

где n — число параметров; q_i — подындекс для i -го параметра (величина между 0 и 100, являющаяся функцией желательности от значения от i -го параметра); W_i — масса i -го параметра (число между 0 и 1), показывающая важность (приоритетность) параметра.

Всего при расчете CJ используются значения восьми параметров — растворенный кислород ($W_i = 0,2$), БПК₅ ($W_i = 0,2$), температура воды ($W_i = 0,08$), соли аммония ($W_i = 0,15$), нитраты ($W_i = 0,1$), фосфаты ($W_i = 0,1$), рН ($W_i = 0,1$), электропроводимость ($W_i = 0,07$). Воды со значением CJ, близким к 100, могут быть отнесены к благополучным, а со значением, близким к 0, — к неблагополучным.

В Нидерландах, кроме описанного выше КБВ (применяемого, кроме Бельгии, и в других странах Бенилюкса),

применяют показатель содержания общего фосфора. ПДК_{Робщ.} в Нидерландах равна 0,2 мг/л. Однако с учетом явления эвтрофикации контрольным значением для 6-ти летних месяцев является 0,3 мг/л. В качестве классификационной принята простейшая шкала сравнения полученного значения концентрации с предельным значением. Таким образом, устанавливаются три градации: меньше, того же порядка (0,21-0,3 мг/л) и больше стандарта. Кроме того, в Нидерландах в рамках национальной системы мониторинга ведутся наблюдения за содержанием 6-ти приоритетных металлов: ртути, кадмия, меди, свинца, хрома и цинка. Принцип нормирования здесь тот же, что и в случае с фосфором — устанавливаются три градации качества относительно величин ПДК, которые равны: для ртути — 0,5 мкг/л, для кадмия — 2,5 мкг/л, для меди — 50 мкг/л, для свинца — 50 мкг/л, для цинка — 200 мкг/л, для хрома — 50 мкг/л.

В Великобритании (Англия, Уэльс, Северная Ирландия) используется схема Британского национального совета вод (НСВ) для классификации качества воды. Классификация качества вод рек и каналов основана на определении критериев качества, необходимого для конкретных видов водопользования и состоит из четырех основных классов, различающихся значениями содержания растворенного кислорода, БПК₅, концентрации аммонийного азота. Классы качества соответствуют: 1) водам, пригодным для питьевого водоснабжения; 2) рекам, в которых существует промышленное рыболовство ценных видов рыб, и рекреационным зонам; 3) рекам, пригодным для питьевого водоснабжения после предварительной обработки, и рекам с промышленным рыболовством частичковых видов рыб; 4) водам, пригодным для технических нужд.

В Шотландии Управлением развития совместно с Агентством по очистке рек Клайд, Солуэй и Твид разработаны классификационные схемы качества воды. Одна из таких схем — индекс качества воды (ИКВ) включает анализ воды по следующим ингредиентам: растворенный кислород, БПК, аммиак и ионы аммония, рН, общий азот, фосфаты, взвешенные вещества, температура, электрическая проводимость, *Escherichia Coli*. В связи с различием географических условий и

видов использования речных систем в Шотландии, Англии и Уэльсе было признано неприемлемым применять для них единую схему химической классификации речных вод [54].

В настоящее время во многих странах мира используется экологический стандарт **ISO 14001**, разработанный Международной организацией по стандартизации (ISO) и утвержденный в 1996 г. Он предлагает простой и гармоничный подход к управлению охраной окружающей среды, применимый для всех организаций в различных странах мира. Стандарт ISO 14001 содержит в себе все элементы типовой системы управления, такие как стратегия, цели и задачи, программа менеджмента, оперативный контроль, мониторинг и оценка, обучение, внутренний аудит и анализ менеджмента. Специалистами Технического комитета ИСО/ТК 147 «Качество воды» разработан комплекс стандартов, устанавливающих требования к методам по отбору проб воды, к контролю качества воды **ISO 6107** и **ISO 5667** (прил. 2). Стандарт ИСО 6107 состоит из нескольких частей, в которых регламентированы как термины в области контроля качества воды, так и термины, которые применяют в смежных областях. Стандарт ИСО 5667 также состоит из нескольких частей и включает методики отбора различных водных сред.

В целом, система экологического нормирования в западных странах призвана осуществлять три основные функции (Воробейчик и др., 1994). Первая из них — исключение заведомо неприемлемого экологического ущерба. Экологический ущерб, как правило, пересчитывают в экономический эквивалент. Невыполнение установленных нормативов влечет применение экономических санкций. Вторая функция состоит в регулировании антропогенной нагрузки и затрат на охрану природы таким образом, чтобы сохранялись условия для самовосстановления нарушенных экосистем, но в то же время меры по их защите не препятствовали экономическому росту. Третья функция — стимулирование постоянного снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду [12].

3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД ГИДРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Для оценки качества воды используют как упрощенные, так и комплексные показатели.

3.1 Оценка качества воды упрощенными показателями

В настоящее время для упрощенной оценки степени загрязненности воды наибольшее распространение получили средние, экстремальные, относительные величины, а также показатели изменчивости.

3.1.1 Средние величины

Средние величины бывают простые и взвешенные. Средняя арифметическая - самый распространенный вид средней (простая величина). Она используется, когда расчет осуществляется по несгруппированным статистическим данным, где нужно получить среднее слагаемое. Средняя арифметическая (или среднее арифметическое) - это такое среднее значение признака, при получении которого сохраняется неизменным общий объем признака в совокупности [7].

Средняя арифметическая концентрация веществ за период наблюдений (\bar{S}) вычисляется по следующей формуле:

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (3.1)$$

Однако, при использовании среднего арифметического, автор данного пособия, ссылаясь на статью В.Л.Павелко [59], указывает, что среднее арифметическое является смещенной оценкой, ввиду того, что фактические концентрации ингредиентов распределены не по нормальному закону.

О недостатках использования только среднеарифметических концентраций при анализе гидрохимической информации также было упомянуто В.В.Циркуновым [82]. Данный автор утверждает, что при

использовании средних арифметических значений отражаются только основные тенденции изменения гидрохимического режима рек. Количественные расчеты с использованием средних арифметических значений могут иметь значительные ошибки. Это связано с тем, что распределение гидрохимических показателей (в том числе основных ионов и минерализации воды) далеко не всегда является нормальным.

Любые измерения показателей качества воды сопровождаются рядом ошибок. Поэтому необходимо оценивать точность определения средней концентрации вещества. Для этого используется ошибка среднего арифметического (или стандарт среднего) $\sigma_{\bar{s}}$, которая определяется по формуле:

$$\sigma_{\bar{s}} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}} \quad (3.2),$$

где σ_s – среднее квадратическое отклонение (стандарт),

рассчитывается по формуле $\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n-1}}$; n – количество

определений вещества.

Возможные ошибки в определении средней концентрации возникают вследствие недостаточности проведенных за оцениваемый период измерений. В.В.Мороков в своей монографии «Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения» рассчитывает ошибку среднего арифметического (или стандарт среднего) $\sigma_{\bar{s}}$ в зависимости от числа измерений концентрации в течение года [52]. При этом, значение среднего квадратического отклонения концентрации вещества за год было принято им для упрощения равным 1 (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Условная ошибка среднего в зависимости от числа измерений концентраций за год [52]

Параметр	Категория пункта наблюдения					
	I	II	III	IV		
Число наблюдений за год	365	36	12	7	6	5
Условная ошибка среднего $\sigma_{\bar{s}} = \frac{1}{\sqrt{n}} * 100\%$	5,2	16,7	28,9	37,8	40,8	44,7

Приведенные в табл. 3.1 данные в первом приближении характеризуют точность оценок среднегодовых концентраций, получаемых в створах наблюдения Гидрометслужбы. При этом В.В. Мороков указывает на целесообразность отбора 24 проб в год (нижний предел частоты отбора). Получаемое при этом среднее значение концентрации за год имеет точность $\pm 20\%$ [52, с.75].

Взвешенными средними называют величины, которые учитывают, что некоторые варианты значений признака могут иметь различную численность, в связи с чем, каждый вариант приходится умножать на эту численность. Иными словами, «весами» выступают числа единиц совокупности в разных группах, т.е. каждый вариант «взвешивают» по своей частоте. Частоту w называют статистическим весом или весом средней.

Среднее взвешенное, точнее **среднее арифметическое взвешенное** набора вещественных чисел x_1, \dots, x_n с вещественными весами w_1, \dots, w_n определяется как:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3.3)$$

Таблица 3.2

**Среднее арифметическое (\bar{S}) и среднее взвешенное (\bar{x})
значение содержания кальция**

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	\bar{S}	\bar{x}
Фактический расход реки, Q_i (m^3/c)	15,5	19,2	14,1	650	200,1	90	40,2	20,7	18,3	50	30	20,6	97,4	97,39
Кальций (мг/л)	60,1	61,1	52,1	20,8	33,9	51,1	37,1	30,1	41,1	51,1	53,1	22	42,8	30,13

$$\bar{S} = (60,1 + 61,1 + 52,1 + 20,8 + 33,9 + 51,1 + 37,1 + 30,1 + 41,1 + 51,1 + 53,1 + 22) / 12 = 42,8 \text{ мг / л}$$

$$\bar{x} = \frac{(15,5 * 60,1) + (19,2 * 61,1) + (14,1 * 52,1) + (650 * 20,8) + (200,1 * 33,9) + \dots + (20,6 * 22)}{(15,5 + 19,2 + 14,1 + 650 + 200,1 + 90 + 40,2 + 20,7 + 18,3 + 50 + 30 + 20,6)} = 30,13 \text{ мг / л}$$

Как видно из табл. 3.2, среднее арифметическое значение содержания ионов кальция получилось выше среднего взвешенного (с учетом расхода воды в реке) содержания ионов кальция.

Если средняя арифметическая рассчитывается на основе использования всех вариантов значений признака, то **медиана и мода** характеризуют величину того варианта, который занимает определенное среднее положение в ранжированном вариационном ряду. Медиана и мода - структурные (распределительные) средние величины.

Медиана — это число, которое является серединой множества чисел, то есть половина чисел имеют значения большие, чем медиана, а половина чисел имеют значения меньшие, чем медиана. Численное значение медианы обычно определяют по формуле:

$$M_e = x_{me} + i \frac{\frac{n+1}{2} - S_{-1}}{f_{me}} \quad (3.4),$$

где x_{me} - нижняя граница медианного интервала; i - величина интервала; S_{-1} - накопленная частота интервала, которая предшествует медианному; f_{me} - частота медианного интервала.

Например, медиана ряда содержания ионов кальция, приведенного ниже, равна 46,1.

60,1	61,1	52,1	20,8	33,9	51,1	37,1	30,1	41,1	51,1	53,1	22
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----

Поскольку, среднее арифметическое, рассчитываемое по формуле 3.1, как было сказано выше, является смещенной оценкой, для более совершенной оценки среднего В.Л.Павелко [59] считает возможным использовать **медиану**. Но медиана, по сравнению со средним арифметическим обладает тем недостатком, что плохо поддается аналитическим операциям, например, для нее не применима теорема сложения и остается неизвестной ее погрешность [52, с.77].

Мода – это число, наиболее часто встречающееся или повторяющееся в массиве или интервале данных.

Чтобы найти значение моды, необходимо использовать формулу:

$$M_o = x_{mo} + i_{mo} \frac{(f_{mo} - f_{mo-1})}{(f_{mo} - f_{mo-1}) + (f_{mo} - f_{mo+1})} \quad (3.5),$$

где x_{mo} - нижняя граница модального интервала; i_{mo} - величина модального интервала; f_{mo} - частота модального интервала; f_{mo-1} - частота интервала, предшествующего модальному; f_{mo+1} - частота интервала, следующего за модальным.

Например, мода ряда содержания ионов кальция, приведенного ниже, равна 51,1.

60,1	61,1	52,1	20,8	33,9	51,1	37,1	30,1	41,1	51,1	53,1	22
------	------	------	------	------	-------------	------	------	------	-------------	------	----

Мода - важная характеристика при оценке вариации какого-либо показателя (или группы показателей) за определенный интервал времени. Не случайно, именно модальный интервал – интервал, имеющий наибольшую частоту, был положен в основу анализа изменчивости природного гидрохимического фона для рек РФ [55].

При статистической обработке гидрохимической информации среднее арифметическое, медиана и мода очень удобны для оценки временной изменчивости показателей качества воды.

3.1.2 Экстремальные величины

Кроме средних значений содержания загрязняющей примеси распространенным статистическим показателем, как указывалось выше, является его **экстремальная величина**, а именно - максимальное содержание S_{max} и минимальное значение S_{min} .

Важная роль максимальных значений нашла отражение в сборнике «Малые реки в условиях антропогенного воздействия (на примере Восточного Зауралья)» [34] и в статье Л.Б. Бердавцевой и А.В. Леонова [5]. В результате анализа коэффициентов корреляции между гидрохимическими, гидрологическими и морфометрическими характеристиками рек, отличающихся антропогенной нагрузкой, было выявлено, что по максимальным значениям параметров более рельефно выявляются связи между параметрами водной среды. Сделано предположение, что **максимальные значения характеризуют «жесткие» условия существования экосистем, испытывающих различные антропогенные воздействия. Средние значения сглаживают тенденции, выявленные по максимальным величинам.** Согласно выводам данных авторов, средние значения в значительной степени отражают «мягкие» условия существования экосистем, при которых эффект антропогенного воздействия выражен не в такой степени, как в случае анализа максимальных величин параметров.

Максимальное и минимальное значения в ряду содержания ионов кальция, приведенного ниже, равно, соответственно 61,1 и 20,8 мг/л.

60,1	61,1	52,1	20,8	33,9	51,1	37,1	30,1	41,1	51,1	53,1	22
------	-------------	------	-------------	------	------	------	------	------	------	------	----

3.1.3 Относительные величины

Для оценки загрязненности воды используются и **относительные величины**. Наиболее распространенными из них являются кратность превышения ПДК и повторяемость случаев превышения ПДК.

Кратность превышений ПДК можно отнести к одним из самых старейших характеристик для оценки загрязненности воды. Еще в 1964 году М.Н.Тарасов с соавторами в своем сборнике «Вопросы исследования и прогнозирования загрязненности рек» выделяет эту характеристику как одну из основных для оценки степени загрязненности речной воды [75]:

$$W = \frac{C_{\kappa}^m}{C_{\text{пдк}}} \quad (3.6),$$

где C_{κ}^m - расчетная (в пересчете на $Q_{95\%}$ обеспеченности) концентрация вещества в контрольном створе; $C_{\text{пдк}}$ – предельно-допустимая концентрация вещества.

Позднее, кратность превышения ПДК (β_{ij}) входит в расчет комплексных показателей: комбинаторного индекса загрязнения воды (КИЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ), рекомендуемых Росгидромет для комплексной оценки степени загрязненности воды в РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»:

$$\beta_{ij} = \frac{C_{ij}}{\text{ПДК}_i} - \text{кратность превышения ПДК по } i\text{-му ингредиенту}$$

в f -м результате химического анализа для j -го створа.

Таблица 3.3

**Кратность превышения содержания нефтепродуктов (мг/л)
по месяцам года**

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ПДКр/х
Нефтепродукты (мг/л)	0,07	0,07	0,09	0,05	0,09	0,07	0	0,06	0,08	0,04	0,03	0,05	0,05
Кратность превышения ПДК (β_i)	1,4	1,4	1,8	1,0	1,8	1,4	-	1,2	1,6	-	-	1,0	

Как видно из данных табл. 3.3, наиболее высокие превышения санитарно-гигиенических нормативов содержания нефтепродуктов в водах отмечены в марте и мае месяцах. Превышения ПДК нефтепродуктов отсутствовали в июле,

октябре и ноябре. Концентрации нефтепродуктов на уровне ПДК фиксировалась в апреле и декабре.

В целом, за год наблюдения концентрации нефтепродуктов в воде превышали ПДК в 1-1,8 раза. Согласно **Приложению Г РД 52.24.643-2002** (табл. 3.4) данная кратность превышения содержания ПДК нефтепродуктов не относится к случаю высокого, и уж тем более экстремально высокого загрязнения.

Таблица 3.4

Критерии определения высокого и экстремально высокого уровней загрязненности воды водных объектов по гидрохимическим показателям* (Приложение Г РД 52.24.643-2002)

Ингредиенты и показатели качества воды	Кратность превышения ПДК для случаев	
	высокого загрязнения	экстремально высокого загрязнения
1-2-го классов опасности	[3; 5) **	≥ 5
3-4-го классов опасности, кроме нефтепродуктов, фенолов, меди, железа общего	[10; 50)	≥ 50
4-го класса опасности - нефтепродукты, фенолы, медь, железо общее	[30; 50)	≥ 50

Примечание.* Для растворенного в воде кислорода в случае высокого уровня загрязненности его содержание составляет 3 мг/дм³ и менее, в случае экстремально высокого уровня - 2 мг/дм³ и менее; для БПК₅ воды в случае высокого уровня загрязненности оно составляет 10 мг/дм³ и более, в случае экстремально высокого уровня - 40 мг/дм³ и более; ** Здесь и далее интервалы обозначают следующим образом: число слева - начало интервала; число справа - конец интервала; круглая скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал не входит; квадратная скобка - значение входит.

Пользуясь другим приложением РД 52.24.643-2002 можно дать качественную характеристику загрязненности воды отдельными загрязнителями, в данном случае качественно охарактеризовать загрязненность воды нефтепродуктами. Ниже, (табл.3.5) приводится фрагмент **Приложения Ж РД 52.24.643-2002**, позволяющий дать качественную оценку загрязненности воды.

Таблица 3.5

**Классификация воды водных объектов по кратности
превышения ПДК**

(фрагмент Приложения Ж РД 52.24.643-2002)

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязненности
(1; 2)	Низкий
[2; 10)*	Средний
[10; 50)**	Высокий
[50; ∞]	Экстремально высокий

Примечание. Для растворенного в воде кислорода используют следующие условные градации кратности уровня загрязненности: (1; 1,5] - низкий; (1,5; 2] - средний; (2; 3] - высокий; (3; ∞] - экстремально высокий. Если концентрация растворенного в воде кислорода в пробе равна 0, для расчета условно принимаем ее равной 0,01 мг/дм³.

* Указанные значения кратности соответствуют ситуациям на водном объекте, характеризуемым как "высокое загрязнение" для большинства веществ 3-4-го классов опасности. Для тех загрязняющих веществ, у которых критерий высокого загрязнения отличен от 10, число 10 должно быть заменено критериями высокого загрязнения, определяемыми в соответствии с Приложением Г и Инструкцией по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхностных и морских вод, а также их аварийном загрязнении.

** Указанные значения кратности соответствуют ситуациям на водном объекте, характеризуемым как "экстремально высокое загрязнение" для большинства веществ 3-4-го классов опасности. Для тех загрязняющих веществ, у которых критерий экстремально высокого загрязнения отличен от 50, число 50 должно быть заменено критериями экстремально высокого загрязнения, определяемыми в соответствии с Приложением Г и выше указанной инструкцией.

Таким образом, указанные в табл. 3.3 величины кратности превышения ПДК нефтепродуктов, характеризуют уровень загрязненности воды нефтепродуктами как «низкий» (табл. 3.5).

Еще одной важной простейшей статистической характеристикой, используемой для оценки степени загрязненности воды, является повторяемость случаев превышения ПДК (П%) [52]:

$$P_r = \frac{n_r}{m} * 100\% \quad (3.7),$$

где n_r – число проб, в которых отмечались концентрации, превышающие или равные ПДК; m – общее число проб, отобранных за рассматриваемый период.

Формула 3.7 для расчета повторяемости случаев превышения ПДК часто встречается в документах, вышедших в 70 - 80-х гг. прошлого века. В этой формуле в числителе учитываются пробы, в которых отмечались концентрации, **превышающие или равные ПДК**. Однако, в утвержденном в 2004 г. РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» повторяемость случаев загрязненности α_{ij} , т.е. частота обнаружения концентраций, **превышающих ПДК** рассчитывается по формуле, включающей отличный от предыдущего, по сути числитель:

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} \cdot 100\% \quad (3.8),$$

где n'_{ij} - число результатов анализа по i -му ингредиенту в j -м створе за рассматриваемый период времени, в которых содержание или значение *их превышает соответствующие ПДК* (ранее учитывались и значения концентраций равные ПДК); n_{ij} - общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -м створе.

В данном случае, пользуясь формулой 3.8, получаем более низкую частоту встречаемости случаев превышения ПДК. Однако, поскольку на сегодняшний день РД 52.24.643-2002 действующий официальный документ, то повторяемость случаев превышения ПДК следует рассчитывать исходя из требований этого документа.

Повторяемость случаев превышения ПДК как статистическая величина также известна с 60-х гг. XX века [75]. Как характеристика для оценки загрязненности воды, наряду с кратностью превышения ПДК, она применяется для расчета комплексных показателей качества воды: КИЗВ и УКИЗВ.

М.Н.Тарасов с соавторами [75, с.40] рекомендует определять число случаев, когда содержание загрязнителя

превышало ПДК (P_1), превышало 10ПДК (P_{10}) и превышало 100ПДК (P_{100}).

В.В.Мороков в своей монографии «Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения» [52] для оценки загрязненности воды упоминает о числе случаев превышения значения 1ПДК (P_1), 5ПДК (P_5) и 10ПДК (P_{10}).

По мнению автора данного методического пособия, перечень повторяемости случаев превышений ПДК, предложенный В.В.Мороковым [52, с.73], необходимо дополнить повторяемостью случаев превышения 100 ПДК (данная кратность превышения ПДК предложена Тарасовым с соавторами), т.к. значение концентрации равной 100ПДК, к сожалению, фиксируется в реальных водных объектах и учитывается современной расчетно-нормативной базой. Так, «Методикой прогнозной оценки загрязненности открытых водоисточников...,1992» оговаривается расчет концентрации аварийно химически опасных веществ (АХОВ) равной 10ПДК и 100ПДК. Концентрация АХОВ равная 10ПДК принимается высокой концентрацией загрязнителя, а концентрация равная 100ПДК – экстремально высокой концентрацией загрязнителя [33].

Более сложный и верный подход к критериям высокого и экстремально высокого загрязнения можно встретить в **Приложении Г РД 52.24.643-2002** (табл.3.4), где степень загрязнения дифференцирована для веществ разных классов опасностей. Как видим, чем выше класс опасности загрязнителя (1 или 2), тем меньше кратность превышения ПДК, соответствующая случаям высокого и экстремально высокого загрязнения.

В свою очередь Е.А.Кравец [39] обращает внимание на то, что по-разному должна интерпретироваться повторяемость превышения ПДК, равная, например, 20% для пункта наблюдения 1-й категории, в котором было отобрано 100 проб за год и для пункта 3-й категории, где было отобрано 5 проб за год. «В последнем случае вероятность пропуска события загрязнения водного объекта очень высока из-за сложного и непредсказуемого взаимодействия природных и антропогенных

факторов, влияющих на качество воды. Для водных объектов, где пробы воды отбираются сравнительно редко (по мнению автора, реже 1 раза в месяц) значимым может быть обнаружение превышения нормативов даже в единичных случаях за несколько лет режимных наблюдений» [39, с.51].

На основе анализа повторяемости случаев превышения ПДК этим автором была дана качественная характеристика загрязненности. Под хроническим характером загрязнения понимается повторяемость превышения ПДК более чем в 50% отобранных проб в течение всего исследуемого периода. Под периодическим характером загрязнения понимается превышение нормативов менее чем в 50% проб на протяжении 2 или 3 лет из рассматриваемого временного интервала. Состояние «загрязнение обнаружено в единичных пробах» соответствует обнаружению превышения ПДК в одной или двух пробах за исследуемый трехлетний период.

Таблица 3.6

Повторяемость случаев превышения содержания нефтепродуктов (мг/л) по месяцам года

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ПДКр/х	Повторяемость превышения ПДК(α_i), %
Нефтепродукты (мг/л)	0,07	0,07	0,09	0,05	0,09	0,07	0	0,06	0,08	0,04	0,03	0,05	0,05	58,3

Как можно заметить из табл. 3.6, в 7 случаях из 12 фиксируются значения выше ПДК нефтепродуктов для водных объектов рыбохозяйственного назначения, равной 0,05 мг/л.

Таким образом, в данном случае повторяемость случаев превышения ПДК:

$$\alpha = \frac{7}{12} * 100\% = 58,3\%$$

Опираясь на количественный показатель повторяемости случаев превышения ПДК нефтепродуктов (58,3%), можно, как и в случае с кратностью превышения ПДК, дать качественную

характеристику загрязненности воды по величине повторяемости (табл. 3.7) и определить характер загрязненности воды по устойчивости загрязнения в соответствии с **Приложением Е РД 52.24.643-2002**.

Таблица 3.7

Классификация воды водных объектов по повторяемости случаев загрязненности

(фрагмент из Приложения Е РД 52.24.643-2002)

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды
[1; 10)	Единичная
[10; 30)	Неустойчивая
[30; 50)	Устойчивая
[50; 100)	Характерная

В нашем случае повторяемость случаев превышения ПДК нефтепродуктов равна 58,3%. Исходя из табл. 3.7, по данному значению повторяемости случаев превышения ПДК, загрязненность воды по содержанию нефтепродуктов классифицируется как «устойчивая».

Если бы повторяемость случаев превышения ПДК рассчитывалась исходя из формулы 3.7, получился бы следующий результат:

$$P_r \text{ (или } \alpha) = \frac{9}{12} * 100\% = 75\%.$$

Можно отметить, что полученный второй результат в 1,3 раза превышает первый результат (58,3%), что довольно ощутимо для обработки гидрохимической информации, особенно за многолетние периоды (15 - 18 лет), о чем и говорилось чуть выше.

Как указывалось выше, поскольку на сегодняшний день РД 52.24.643-2002 является действующим нормативным документом в области оценки качества природных вод, то повторяемость случаев превышения ПДК следует рассчитывать исходя из требований этого документа, т.е. по формуле 3.8.

3.1.4 Показатели вариации величин

Для оценки изменчивости статистических рядов загрязненности используются абсолютные и относительные показатели вариации. К распространенным в гидрохимии абсолютным показателям вариации относятся **размах вариации и среднее квадратическое отклонение (стандарт)**.

Размах вариации R. Это самый доступный по простоте расчета абсолютный показатель, который определяется как разность между самым большим и самым малым значениями признака у единиц данной совокупности:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.9)$$

В области исследования изменчивости параметров водных экосистем данный показатель известен еще как **абсолютная величина изменчивости параметра за рассматриваемый период времени [40]:**

$$S_a = P_{\max} - P_{\min} \quad (3.10),$$

где S_a – абсолютная величина изменчивости параметра за рассматриваемый период времени; P_{\max} и P_{\min} – соответственно наибольшая и наименьшая величины параметра за рассматриваемый отрезок времени.

Размах вариации (размах колебаний) - важный показатель колеблемости признака, но он дает возможность увидеть только крайние отклонения, что ограничивает область его применения [7].

Среднее квадратическое отклонение (стандарт) показывает абсолютное отклонение измеренных значений от среднеарифметического и рассчитывается по формуле:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n - 1}} \quad (3.11),$$

где: S_i – фактическое значение; \bar{S} - среднее арифметическое значение; n – объем выборки.

Известно, что средние квадратические отклонения рядов, которые образованы из существенно различающихся

показателей загрязненности, оказываются несопоставимыми. Так, мы не можем сравнить между собой изменчивость ряда цветности воды (измеряемой в град. ПКШ) и изменчивость ряда минерализации воды (измеряемой в мг/л). Поэтому сравнение изменчивости подобных рядов необходимо осуществлять с помощью **коэффициента вариации** C_{vs} . Коэффициент вариации относится к **относительным показателям** изменчивости параметров и характеризует относительную меру отклонения измеренных значений от среднеарифметического:

$$C_{vs} = \frac{\sigma_s}{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{(n-1)S^2}} \quad (3.12)$$

Чем больше коэффициент вариации приближен к нулю, тем меньше вариация значений исследуемого признака.

Коэффициент вариации часто представляют не в долях единицы, а в процентах.

$$C_{vs} = \frac{\sigma_s}{S} * 100\% \quad (3.13)$$

Чем больше значение **коэффициента вариации**, тем относительно больший разброс и меньшая выравненность исследуемых значений. Если **коэффициент вариации** меньше 10%, то изменчивость вариационного ряда принято считать незначительной, от 10% до 20% относится к средней, больше 20% и меньше 33% к значительной и если **коэффициент вариации** превышает 33%, то это говорит о неоднородности информации и необходимости исключения самых больших и самых маленьких значений. Однако, данное деление по значению коэффициента вариации относится для распределений близких к нормальному, хотя, как уже указывалось выше, распределение гидрохимических показателей не всегда бывает нормальным.

Рассмотрим изменчивость некоторых ингредиентов химического состава воды на примере р.Поземки (табл.3.8). Здесь надо заметить, что изменчивость параметра целесообразно рассматривать при значительном объеме выборки ($n > 30$).

Ниже, в табл. 3.8 приведен химический состав воды р. Поземки за период с 1987 по 1995 гг. и рассчитанные статистические показатели: среднее арифметическое (\bar{S}), среднеквадратическое отклонение (σ_s), коэффициент вариации (C_{vs}).

Данные табл. 3.8 (а,б) свидетельствуют, что наиболее изменчивым в водах рассматриваемой реки оказывается содержание взвешенных веществ (241%), нефтепродуктов (187%), азота аммония (119%), азота нитритов (109%), железа (108%). Это характерные загрязнители природных вод в черте населенных пунктов. Поступление их в водные объекты связано с воздействием антропогенных источников, поэтому так высока изменчивость этих показателей во времени. Менее всего изменялись ингредиенты в основном природного происхождения – минерализация (23%), ионы кальция (27%), окисляемость воды (43%), ионы магния (53%).

Тематику изменчивости отдельных показателей качества воды развивает в своей статье «Изменчивость гидрохимических полей водотоков» В.Л. Павелко [60]. Он указывает, что ингредиенты химического состава воды обладают существенно различной пространственно-временной изменчивостью. При этом изменчивость естественных характеристик (O_2 , минерализация, БПК₅) заметно ниже изменчивости антропогенных ингредиентов, что можно объяснить как особенностями их физико-химических характеристик, так и особенностями сброса сточных вод. Наименьшей изменчивостью при проведении режимного мониторинга обладал O_2 . Напротив, нефтепродукты обладают наибольшей изменчивостью, что можно объяснить многообразием форм существования нефтепродуктов, низкой их перемешиваемостью (плочная нефть), и возможно, рассредоточенностью источников загрязнения. Из разной временной изменчивости показателей В.Л. Павелко делает важный вывод - чтобы вскрыть тенденции изменения показателей загрязненности воды, необходима различная частота наблюдений (табл. 3.9).

Таблица 3.8а

Химический состав воды р.Поземки в створе X и статистические показатели загрязненности воды

Ингредиенты	Дата отбора проб воды*																	
	87,00	87,25	87,5	87,75	88,00	88,25	88,5	88,75	89,00	89,25	89,5	89,75	90,25	90,5	90,75	91,00	91,25	91,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Взвешенные вещ-ва (мг/л)	14	56	2,2	34,8	15,3	13,7	6	23,8	13,1	2	14,4	57,6	21,9	49,8	2,7	17,8	57,6	5,6
Минерализация (мг/л)	450	191,1	326,8	451,9	414	521	300,8	340	420	438	371	300	371	188	313	454	338	344
Кальций (мг/л)	57,5	41,5	60,3	23,4	58,1	73,7	37,7	25,7	58	71,3	56,9	59,3	56	34,5	46,5	60,1	67,3	68,1
Магний (мг/л)	12,3	8,3	16,8	64,4	15,6	22,4	19,1	11,2	12	19	12,9	16,5	13,1	15,1	21,4	17,8	28,2	12,2
Окисляемость биохроматная (мгО ₂ /л)	22	28,1	33,3	15,6	26,7	25	24,6	18	42,7	8	24,4	69,3	29	29,1	24,8	27,5	24	34,7
Нефтепродукты (мг/л)	0,05	0,2	1,54	0	0,11	0,7	0,5	0,06	0,04	0,3	3,02	0,44	0,16	0,04	0,58	0,11	0,02	0,52
Азот аммонийный (мг/л)	0,35	0,42	0,01	0,14	0,3	0,85	0,57	0,7	0,1	1,24	0,15	0,16	0,4	1,02	1,93	0,5	1,12	0,15
Азот нитритный (мг/л)	0,02	0,002	0	0,002	0,03	0,025	0,05	0,03	0,002	0,001	0	0,023	0,01	0,001	0,002	0,07	0,065	0,001
Азот нитратный (мг/л)	2,1	1,13	0,21	0,56	1,43	3,62	0,82	1,24	1,8	3,89	0,65	2,06	1,5	0,6	0,42	2,49	3,03	0,46
Железо общее (мг/л)	0,11	0,03	0	0	0,14	0,11	0,14	0,08	0,1	0,6	0	0,16	0,13	0,14	0,06	0,16	0,02	0,05

Таблица 3.86

Химический состав воды р.Поземки в створе X и статистические показатели загрязненности воды

Ингредиенты	Дата отбора проб воды*														Статистические показатели		
	91,75	92,00	92,25	92,5	92,75	93,00	93,25	93,5	93,75	94,00	94,25	94,5	94,75	95,00	σ_s	\bar{S}	C_{ss}
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
Взвешенные вещ-ва (мг/л)	7,7	5	43,6	7,7	1,7	10	474	7,7	3,1	2,6	34	60,5	16,5	10	82,4428	34,138	2,415
Минерализация (мг/л)	306	300	420	367	403	389	474	198	305	397	270	310	390	410	81,1664	358,29	0,227
Кальций (мг/л)	48,9	70,1	64,9	42,1	52,1	60,1	25,3	29,1	53,3	70,1	42,8	47	54,1	60,1	14,1853	52,37	0,271
Магний (мг/л)	23,3	18,2	31,6	17,5	17,5	17	14,1	6,2	27	19,2	16,9	17,3	15,8	17	9,9123	18,65	0,531
Окисляемость биохроматная (мгО ₂ /л)	30,1	8,6	22,7	32	33,5	50,8	38	40	55	34	17,8	36	17,9	50,8	13,1150	30,44	0,431
Нефтепродукты (мг/л)	0,06	0	0,16	0,18	0,35	0,04	0,14	0,04	0,06	0,03	0,35	0,15	0,04	0,04	0,5802	0,31	1,872
Азот аммонийный (мг/л)	0,31	0,35	1,12	0,72	0,31	0,18	3,86	0,24	0,82	2,2	0,34	0,49	0,25	0,18	0,7749	0,65	1,192
Азот нитритный (мг/л)	0,011	0,032	0,065	0,021	0,011	0,027	0,005	0	0,067	0,013	0,015	0,08	0,016	0,027	0,0238	0,022	1,085
Азот нитратный (мг/л)	2,1	1,62	3,03	2,59	2,1	0,85	2,16	1,19	1,44	1,51	2,28	0,64	0,67	0,85	0,9619	1,6	0,601
Железо общее (мг/л)	0,15	0,53	0,02	0,08	0,15	0,36	0,16	0,98	0,24	0,33	0,7	0,48	0,22	0,36	0,2277	0,21	1,084

Примечание.*сотые доли после двух последних цифр года указывают сезон года: 0,00 – зима, 0,25 – весна, 0,5 – лето, 0,75 – осень.

Таблица 3.9

**Среднестатистическая рекомендуемая частота наблюдений,
проб/год ($a=S_1/S_2$)* [60]**

Ингредиент	а		
	2	1,8	1,6
Кислород	4	5	6
БПК ₅	4	8	20
Нефтепродукты	300	480	750
Фенолы	100	300	-
СПАВ	90	160	460
NH ₄	40	65	120
NO ₃	215	350	600
NO ₂	12	25	56
Fe	120	215	400
Cu	72	140	400
Zn	90	170	400
Σи	6	9	20

Примечание. * S_1, S_2 – средние значения концентрации за два сравниваемых периода.

Как видим, более частый контроль содержания в воде необходим для наиболее изменяемых во времени ингредиентов – нитратов, нефтепродуктов, фенолов, железа. Реже можно контролировать содержание растворенного в воде кислорода, значения БПК и минерализации воды.

Кроме показателя вариации, в исследовании пространственно-временных изменений качества воды используются и другие показатели, выраженные в относительных величинах. Это **относительная величина изменчивости** и **относительный размах изменчивости** величины параметра.

Относительная величина изменчивости параметра за рассматриваемый период времени:

$$S_o = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{cp}} \quad (3.14),$$

где S_o - относительная величина изменчивости параметра за анализируемый период времени; $P_{\max}, P_{\min}, P_{cp}$ – соответственно наибольшая, наименьшая и средняя величины параметра за анализируемый период времени.

Относительный размах изменчивости величины параметра:

$$S = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \quad (3.15),$$

где S – размах изменчивости величины параметра за анализируемый период времени; P_{\max} и P_{\min} , соответственно наибольшая и наименьшая величины параметра за тот же отрезок времени.

При отсутствии различия между максимальным и минимальным содержанием вещества в воде на 5% уровне значимости, С.М. Разгулин [65] советует величину отношения принимать равной 1.

Рассмотрим расчет этих относительных показателей на примере рядов содержания нефтепродуктов и ионов кальция.

Таблица 3.10

Относительные показатели изменчивости содержания нефтепродуктов и ионов кальция в течение года

Ингредиенты	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Нефтепродукты (мг/л)	0,07	0,07	0,09	0,05	0,09	0,07	0	0,06	0,08	0,04	0,03	0,05
Кальций (мг/л)	60,1	61,1	52,1	20,8	33,9	51,1	37,1	30,1	41,1	51,1	53,1	22
Ингредиенты	Показатели											
	Ср.	Pmax	Pmin	So	S							
Нефтепродукты (мг/л)	0,06	0,09	0	1,55	не расч.							
Кальций (мг/л)	42,8	61,1	20,8	0,94	2,94							

В данном случае был произведен полный расчет только одного показателя – **относительной величины изменчивости (S_0)** содержания нефтепродуктов и ионов кальция. Относительная изменчивость содержания нефтепродуктов (1,55) оказалась выше таковой для ионов кальция (0,94), об изменчивости антропогенных загрязнителей по сравнению с ингредиентами природного происхождения упоминалось выше. **Относительный размах изменчивости (S)** был подсчитан

только для содержания ионов кальция (табл.3.10). В силу того, что в ряду содержания нефтепродуктов присутствует нулевой минимум, что делает расчет этого относительного показателя нецелесообразным. Таким образом, **относительный размах изменчивости (S)** как статистический показатель не может использоваться в случаях, когда определяемый компонент встречается в следовых количествах (ниже порога погрешности измерения). Более подходящим статистическим показателем при низком содержании в воде ингредиента является относительная величина изменчивости (S_0).

3.2 Комплексные показатели и оценка качества воды

В последние годы многие специалисты в области охраны и контроля качества вод отдают предпочтение именно интегральной оценке качества.

3.2.1 Проблема разработки комплексных показателей качества воды

Разработка методов оценки качества воды с помощью условных показателей, комплексно учитывающих различные свойства поверхностных вод, является одной из важнейших проблем. Проблема комплексных оценок является исключительно трудной, требующей одновременного учета самых разнообразных свойств водного объекта.

Со времени появления первых комплексных показателей и по настоящее время четко прослеживается тенденция, с одной стороны, усиления дифференциации проблемы комплексных оценок с целью более детального изучения ее составляющих, характеризующих качество воды по отдельным показателям, и с другой стороны – интеграции этих составляющих, позволяющих получить обоснованные выводы о качестве воды в целом. В связи с этим наметились две группы методов, различающихся между собой в первую очередь по принципам их разработки [42].

К первой группе относятся методы, позволяющие оценить качество воды в виде набора различных характеристик, дающих оценку качества воды по гидрохимическим,

гидробиологическим, микробиологическим, гидрологическим показателям.

Они не дают однозначной оценки качества воды и относят одно и то же состояние воды водного объекта по отдельным показателям к различным классам загрязненности. Невозможность отнесения рассматриваемого состояния воды водного объекта к определенному классу загрязненности ограничивает рамки широкого распространения этих методов в практической работе.

Ко второй группе относятся методы, позволяющие однозначно оценить качество воды. И хотя никакое единственное число не может передать всю информацию о сложной многокомпонентной системе, какой являются поверхностные воды, эти методы находят широкое распространение и применение. Прежде всего, они относительно **просты в применении**. Кроме того, эти методы позволяют решать различные задачи по **установлению уровня загрязненности в пространственно-временном аспекте** и принимать однозначные решения в различных водоохраных ситуациях.

В зависимости от цели, которую преследуют эксперты, предложены различные системы оценок. Условно их можно подразделить на три большие группы в зависимости от того, учитываются ли при анализе ***требования отдельных видов водопользования, условия функционирования экосистем или то и другое одновременно***.

Следует отметить, что большинство разработанных к настоящему времени комплексных характеристик состояния водных объектов так или иначе связано с использованием существующих ПДК. Это разработки ВНИИВО (Всесоюзный научно-исследовательский институт по охране вод), ГГИ (Государственный гидрологический институт), ГХИ (Государственный гидрохимический институт)...[42].

Одним из наиболее важных при разработке комплексных оценок качества вод является вопрос о критериях, положенных в основу оценок.

При многоцелевом использовании водных объектов задача о выборе критериев благополучия водного объекта осложняется. Система критериев, ориентация на которую была бы обязательным условием при построении комплексных оценок качества воды и разработке правил их классификации должна отвечать следующим требованиям:

- система должна включать критерий экологического благополучия водного объекта по признаку удовлетворения утилитарных требований отдельных видов водопользования и по признаку сохранения механизмов, ответственных за формирование качественных характеристик водной экосистемы;

- для оценок качества вод многоцелевого назначения обязателен учет критерия социальной и экономической значимости отдельных видов водопользования;

- условия интеграции (свертывания) критериев экологического благополучия водного объекта и критерия социальной и экономической значимости отдельных видов водопользования в единый критерий при построении комплексной оценки качества вод должны адекватно отражать осуществляемую в стране водоохранную политику.

Основное внимание при разработке комплексных показателей должно уделяться именно **комплексности**, т.е. поискам того, как **численно оценить процессы, изменяющиеся во времени, характеризуемые многими показателями состава и свойств воды и определяющие качество воды во многих пунктах водного объекта**. Эта «трехмерность» понятия «качество воды» (время-показатели-пространство) которая должна быть преодолена при разработке рассматриваемой второй группы показателей [3].

3.2.2 Комплексные показатели качества воды и особенности их расчетов

Все предложенные к настоящему времени обобщенные показатели получены путем объединения и свертывания многочисленных частных показателей в один интегральный, позволяющий однозначно характеризовать различные состояния

водного объекта. Остановимся подробнее на анализе некоторых из них.

3.2.2.1 Интегральные показатели, разработанные в ГГИ

Данные показатели позволяют характеризовать качество водных масс в отдельных створах и на участках водных объектов, а также учитывать изменения качества воды во времени и пространстве [44].

Вся система интегральных гидролого-гидродинамических показателей качества воды подразделяется на три основные группы:

1 группа. Показатели общей нагрузки речного потока, оценивающие нагрузку потока **лимитирующими** или **репрезентативными** веществами по их средней концентрации в поперечном сечении потока и учитывающие ее изменчивость, обусловленную изменениями гидролого-гидродинамических элементов потока (расхода воды, скоростей течения, глубин и т.д.) и особенностями режима поступления указанных веществ в водоток. Они учитывают естественное поступление веществ с поверхностными или грунтовыми водами, включая смыв с полей, а также поступление сбрасываемых в водотоки сточных вод промышленных предприятий, городов, сельскохозяйственных ферм и т.д.

К **лимитирующим** веществам при оценке качества поверхностных вод следует относить все вещества, содержания которых в водах объектов нормируется в установленном порядке, т.е. для которых определены ПДК.

Репрезентативные ингредиенты выбираются таким образом, чтобы они одновременно удовлетворяли следующим трем, или, по крайней мере, двум условиям: 1) специфичностью относительно состава сбрасываемых сточных вод, преобладающих в общем объеме сброса; 2) максимальным превышением над ПДК; 3) наименьшей скоростью трансформации [35].

2 группа. Показатели пространственного распределения загрязнения в реках и водоемах, позволяющие оценить по относительному объему долю загрязненных вод в водном объекте или по относительным линейным и двумерным характеристикам

относительную площадь и длину формирующейся в месте сброса сточных вод зоны загрязнения.

3 группа. Показатели, учитывающие внешний водообмен водоемов, количественно характеризующие процесс постепенного накопления загрязняющих веществ в водоеме и повышения средней концентрации этих веществ в его водных массах. Они позволяют оценить потенциальную емкость водоема в отношении загрязняющих веществ на разные отрезки времени, а также характеризовать процесс постепенного снижения концентрации загрязняющих веществ после прекращения сброса сточных вод в водоем или в его притоки.

Из показателей этих трех групп в данном пособии рассмотрим показатели первой группы - ***абсолютный показатель общей нагрузки и показатели относительных значений продолжительности и объемов стока загрязненной и чистой воды.***

1. Абсолютный показатель общей нагрузки S_n

Абсолютный показатель общей нагрузки характеризует среднюю насыщенность потока лимитирующим или репрезентативным загрязняющим веществом или смесью веществ ниже места сброса сточных вод. Он может выражаться посредством прямых характеристик концентрации веществ (например, суммой ионов) или косвенных (БПК, ХПК, в некоторых случаях электрической проводимостью и т.д.).

Общая нагрузка выражается средней (в потоке) концентрацией S_n рассматриваемого вещества или суммы веществ. Величина S_n в так называемом створе достаточного перемешивания выражает истинное значение концентрации загрязняющего вещества.

Методика расчета S_n :

1. В данной методике расчета используются наиболее жесткие нормативы (чаще всего – это ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения или ПДКр/х).

2. Для вычисления S_n можно применить формулу:

$$S_n = (s_e Q_e + s_{ct} Q_{ct}) / (Q_e + Q_{ct}) \quad (3.16),$$

если в воде реки концентрация данного загрязняющего вещества $s_e=0$, то:

$$S_{п} = (s_{ст}Q_{ст}) / (Q_{е} + Q_{ст}) \quad (3.17),$$

где $Q_{е}$ и $s_{е}$ – соответственно расход воды и концентрация вещества в потоке выше места сброса сточных вод; $Q_{ст}$ и $s_{ст}$ – расход сточных вод и концентрация того же вещества в сточных водах; $s_{п}$ – средняя концентрация вещества в створе достаточного перемешивания.

3. Данные о расходах воды и концентрации вещества в реке выше места сброса сточных вод могут быть получены по данным режимных наблюдений (Росгидромет) или из отчетной документации предприятия-водопользователя (том НДС).

4. Данные о расходах и концентрации того же вещества в сточных водах заимствуются из материалов 2-го «водхоз» или из томов НДС.

5. Оценку изменчивости показателя $S_{п}$ во времени можно выполнить в двух вариантах: 1) представить $S_{п}$ как функцию времени t , взяв за основу какой-либо конкретный гидрограф (например, типовой гидрограф или гидрограф среднего по водности или маловодного года) или последовательный ряд годовых гидрографов за определенное число лет; 2) представить $S_{п}$ как функцию обеспеченности (P) суточных расходов реки многолетнего ряда наблюдений.

Надо иметь в виду при этом, что обеспеченность средней концентрации $S_{п}$, вычисляемой по формуле $S_{п} = (s_{е}Q_{е} + s_{ст}Q_{ст}) / (Q_{е} + Q_{ст})$, при $Q_{ст} = \text{const}$ и $s_{ст} = \text{const}$ будет равна $100 \cdot P_Q\%$ (где P_Q – обеспеченность расходов воды, выраженная в процентах).

6. При условии $Q_{ст} = \text{const}$ и $s_{ст} = \text{const}$ вопрос об обеспеченности значений $S_{п}$, как видим решается весьма просто. В том же случае, когда значения $Q_{ст}$ и $s_{ст}$ существенно варьируют во времени, возникают большие трудности при решении задач об обеспеченности $S_{п}$. Здесь, по-видимому, можно рекомендовать чисто эмпирический прием, основанный на использовании хронологических графиков (или таблиц) $Q_{е}(t)$, $Q_{ст}(t)$ и $s_{ст}(t)$. График $Q_{е}(t)$ является естественным гидрографом стока, а графики $Q_{ст}(t)$ и $s_{ст}(t)$ выражают хронологический ход сброса сточных вод и могут быть получены по непосредственным измерениям сброса или соответствующим проектным данным. Снимая с указанных графиков значения $Q_{е}$, $Q_{ст}$ и $s_{ст}$ на

определенные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n и вычисляя для этих моментов S_n , получают хронологический график $S_n(t)$ [44].

Области применения метода

Абсолютный показатель общей нагрузки S_n может быть использован как для характеристики современного состояния водного объекта, так и временных его изменений (определяется сезонная изменчивость S_n).

Первый вариант расчета изменчивости S_n (S_n как $f(t)$) более прост в выполнении и может использоваться студентами при отсутствии данных об обеспеченности расходов воды.

2. Показатель относительной продолжительности стока загрязненной воды τ_{zag} .

Показатель относительной продолжительности стока загрязненной воды τ_{zag} выражается отношением времени T_{zag} , в течении которого средняя концентрация веществ в потоке не удовлетворяет условию $\sum_{i=1}^n \frac{Si}{ПДК_i} \leq 1$ к общей продолжительности

рассматриваемого промежутка времени, например, одному году $T_{год}$ или многолетнему периоду:

$$\tau_{zag} = T_{zag} / T_{год} \quad (3.18)$$

Методика расчета τ_{zag} :

1. В методике расчета используются нормативы, предъявляющие наиболее жесткие требования к воде – ПДКр/х.

2. Показатель относительной продолжительности стока загрязненной воды τ_{zag} вычисляется по формуле (3.18).

3. Время T_{zag} определяется по хронологическим графикам $S_n(t)$, на которых вычерчиваются прямые горизонтальные линии нормативных значений ПДК. На пересечении графика $S_n(t)$ с этими линиями фиксируют моменты времени, отвечающие переходу от загрязненного стока к чистому и от чистого к загрязненному. Очевидно, что интервалы времени ΔT между указанными линиями поочередно будут относиться к периодам загрязненного ΔT_{zag} и чистого ΔT_c стока.

4. Полное время T_{zag} находится как сумма:

$$T_{zag} = \sum_{i=1}^N \Delta T_{zag_i} \quad (3.19)$$

Сумма берется по всем интервалам $\Delta T_{заг}$ в году.

5. Для выполнения расчетов необходимы данные постоянных во времени гидрохимических наблюдений. Лучше всего использовать для этого материалы Гидрометеослужбы, отличающиеся достаточными для данного расчета, объемом и периодичностью данными (гидрохимические наблюдения должны освещать все фазы гидрологического режима [74]).

Тесно связан с предыдущим показателем **показатель относительной продолжительности стока чистой воды τ_c** , который характеризует продолжительность чистого стока в году. Он вычисляется по формуле:

$$\tau_c = T_c / T_{год} = (T_{год} - T_{заг}) / T_{год} = 1 - \tau_{заг} \quad (3.20),$$

здесь T_c – общая продолжительность чистого стока в году, вычисляемая подобно величине $T_{заг}$ (формула 3.19):

$$T_c = \sum_{i=1}^g \Delta T_{ci} \quad (3.21),$$

где g – общее число интервалов времени ΔT_{ci} , отвечающих протеканию чистой воды.

Показатели $\tau_{заг}$ и τ_c предназначены для оценки условий водопользования в заданном створе речного потока. Они характеризуют относительные периоды времени в году, в течении которых водопользователь будет получать чистую воду или соответственно загрязненную, требующую очистки.

Области и условия применения метода

Показатели относительной продолжительности стока загрязненной и чистой воды могут быть использованы для характеристики межгодовой и пространственной динамики качества поверхностных вод. При определении пространственной динамики этих показателей (либо по одному водотоку, но в разных пунктах, либо по разным водотокам должно быть сопоставимое количество отборов проб воды).

Необходимым условием является систематичность контроля.

3. Показатель относительного объема загрязненного стока $\alpha_{заг}$ выражает отношение стока загрязненной воды $V_{заг}$ через заданный створ за год ко всему годовому стоку реки $V_{год}$, т.е.:

$$\alpha_{заг} = V_{заг}/V_{зод} \quad (3.22)$$

Методика расчета $\alpha_{заг}$:

1. В методике расчета применяются наиболее жесткие нормативы – ПДКр/х.

2. Для определения величины $V_{заг}$ необходимы данные об изменениях в течение года расходов воды (гидрограф стока). $V_{заг}$ определяется по площади отсеков гидрографа $Q(t)$, ограниченных вертикальными линиями, проведенными через точки деления абсциссы $T_{зод}$ на отрезки $\Delta T_{заг}$ и $\Delta T_{ч}$. Общий объем складывается из объемов стока $\Delta V_{заги}$ за отдельные периоды $\Delta T_{заги}$, т.е.:

$$V_{заг} = \sum_{l=1}^p \Delta V_{заги} \quad (3.23)$$

3. По формуле (3.22) вычисляем показатель относительного объема загрязненного стока $\alpha_{заг}$.

Показатель относительного объема чистого стока $\alpha_{ч}$ вычисляется по соотношению:

$$\alpha_{ч} = V_{ч}/V_{зод} \text{ или } \alpha_{ч} = (V_{зод} - V_{заг})/V_{зод} \quad (3.24),$$

где $V_{ч}$ – объем стока чистой воды. Как и в предыдущем случае,

$$V_{ч} = \sum_{l=1}^g \Delta V_{чи} \quad (3.25),$$

где $\Delta V_{чи}$ – объем стока чистой воды за отдельные периоды $\Delta T_{чи}$.

Если предварительно была вычислена величина $V_{заг}$, то очевидно:

$$V_{ч} = V_{зод} - V_{заг}. \quad (3.26)$$

Показатели $\alpha_{заг}$ и $\alpha_{ч}$ позволяют оценить долю загрязненного (или соответственно чистого) стока реки, питающей озеро, водохранилище или море [44].

Области и условия применения метода

Как и два предыдущих показателя, показатели относительного объема загрязненного и чистого стока могут применяться для определения межгодовых и пространственных изменений качества воды. Опять-таки, для более точных результатов данные, используемые в расчетах должны быть систематичны.

3.2.2.2 Коэффициент загрязненности (КЗ)

В.Р.Лозанский, В.П. Белогулов, С.А.Песина [3] для оценки уровня загрязненности водных объектов предлагают использовать **коэффициент загрязненности КЗ**, рассчитываемый по формуле:

$$KЗ = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} P_{ijn} \quad (3.27),$$

где i – номера показателей качества воды (либо групп с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ)); j – номера створов (пунктов контроля); n, N_{ijn} – номера измерений i -го показателя в j -м створе и общее количество этих измерений за анализируемый период (квартал, год и т.п.); N – общее число измерений всех i показателей во всех j створах за этот период. Величина P_{ijn} характеризует относительную величину нарушения норматива на i -й показатель (либо на i -ю группу показателей с одинаковым ЛПВ).

Авторами предложены две модификации указанного показателя: **α -показатель КЗ** (наиболее простой, ориентированный на учет отклонений от ПДК по отдельным ингредиентам) и **β -показатель КЗ**, учитывающий одновременное присутствие в воде нескольких веществ с одинаковым ЛПВ в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод...» [64].

В отличие от α -показателя КЗ, который требует выполнения арифметических операций только для тех измерений, где зафиксировано нарушение ПДК, в расчетах β -показателя участвуют все измерения. Поэтому расчет β -показателя связан с существенно большими затратами времени (ориентировочно в 5-10 раз), чем расчет α -показателя. В настоящее время для работ, связанных с практическими работами в области контроля качества вод, видимо, целесообразно рекомендовать простейший вариант КЗ (**α -показатель**), который позволяет оценивать уровень загрязненности относительно наиболее жестких ПДК, установленных «Правилами охраны поверхностных вод...» для показателей, определяющих состав и свойства воды. По этой

причине в данном пособии приводится методика расчета не β -показателя, а α -показателя КЗ.

Методика расчета α -показателя КЗ:

1. В данной методике следует учитывать рыбохозяйственные ПДК. При этом подходе данный КЗ применим для любого вида водопользования.

Равенство КЗ нулю означает, что для данного водного объекта все нормируемые показатели качества воды удовлетворяют своим нормативным значениям (ПДК). Величины КЗ, большие нуля, свидетельствуют о наличии превышения ПДК.

Величина КЗ характеризует среднее превышение нормативов в долях ПДК. Например, $KЗ=0,2$ означает, что нормативные параметры качества воды данного водного объекта или участка в среднем на 20% превышают свои ПДК.

2. Общая формула для расчета простейшего варианта КЗ (α -показателя) имеет вид:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \frac{\Delta_{ijn}}{ПДК_i} \quad (3.28);$$

$$\Delta_{ijn} = \begin{cases} |C_{ijn} - ПДК_i|, & \text{если } C_{ijn} > ПДК_i, \\ 0, & \text{если } C_{ijn} \leq ПДК_i, \end{cases}$$

где C_{ijn} – концентрация i -го показателя в j -створе при n -м измерении; N_{ijn} – общее число измерений i -го показателя в j -м створе за исследуемый период; N – общее число всех измерений (с концентрациями как выше, так и ниже ПДК) за анализируемый период (квартал, год), I и J – общее число показателей и створов.

3. Нормируемые ингредиенты, наиболее часто определяемые в поверхностных водах, необходимо разбить на ряд групп. Здесь автор данного пособия вынужден обратить внимание на то, что разбивка отдельных ингредиентов по группам, приведенная ниже, произведена согласно методике расчета α -показателя КЗ [3], хотя отмеченные * ингредиенты на сегодняшний день входят в группу токсикологического ЛПВ, а не санитарно-токсикологического ЛПВ (см. «Перечень рыбохозяйственных ПДК.....» в прил.4).

I группа – кислородный показатель БПК, растворенный O_2 ;

II группа – токсикологический показатель: аммоний, нитриты, медь, цинк, фтор, кадмий, кобальт, мышьяк, железо, СПАВ, цианиды, циклогексан, формальдегид, хлорофос и др.;

III группа – санитарно-токсикологический показатель: сульфаты, хлориды, нитраты, калий, кальций, натрий, ванадий*, молибден*, свинец*, ртуть*, бор, роданиды;

IV-группа - рыбохозяйственный показатель: нефтепродукты, фенолы.

4. Такие показатели, как окисляемость (перманганатная и бихроматная), не нормируются и могут не учитываться. В случае необходимости их следует отнести в отдельную группу – органические примеси.

5. Порядок расчета КЗ:

а) определяется сумма превышений ПДК по каждому i -му показателю для всех измерений этого показателя за анализируемый период времени во всех створах изучаемого участка, бассейна, региона, республики:

$$\sum \Delta_i = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J |C_{ijn} - ПДК_i| \quad (3.29),$$

где j -номер створа; n -номер измерений i -го показателя в j -м створе.

В расчет включаются лишь те измерения, в которых не удовлетворяются ПДК. В том случае, если все значения концентраций i -го показателя удовлетворяют ПДК, то $\sum \Delta_i = 0$;

б) подсчитывается N_i – общее количество измерений каждого i -го показателя по всем створам за определенный промежуток времени. N_i включает все измерения, а не только те, в которых превышает ПДК;

в) вычисляется α_i – коэффициент загрязненности водного объекта по каждому i -му показателю:

$$\alpha_i = \frac{\sum \Delta_i}{N_i ПДК_i} \quad (3.30)$$

г) суммирование величин в пределах каждой группы и деление полученного числа на общее число всех показателей группы¹ дает коэффициент загрязненности группы $\alpha_{гр}$;

д) общий коэффициент загрязненности α вычисляется как сумма α_i по всем группам, деленная на количество групп¹.

КЗ целесообразно считать поквартально, за год, за пятилетие;

е) в случае необходимости вычисляется коэффициент α_i загрязненности водного объекта по каждому j-створу и по всем показателям:

$$\alpha_i = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{N_{ij}} \frac{\Delta_{ijn}}{ПДК_i} \quad (3.31),$$

где N_i – число измерений всех показателей в j-створе за рассматриваемый период.

¹ Данное правило расчета пригодно только в том случае, если число измерений по каждому показателю в группе (или по каждой группе) одинаковы. В противном случае следует пользоваться формулой $\alpha = \frac{\sum \alpha_i N_i}{\sum N_i}$. (3.32)

При расчете КЗ следует обращать внимание на систематичность контроля, т.е. на наличие данных по всем подлежащим контролю показателям для всех интервалов расчета [3]. Нарушение систематичности контроля может привести к искажению величины КЗ. Особое внимание надо уделять показателям, в наибольшей степени превышающим ПДК, например нефтепродуктам, фенолам и др. При отсутствии данных для какого-либо интервала времени либо участка необходимо делать соответствующие примечания, т.к. в этом случае значения КЗ нельзя сопоставлять с КЗ, подсчитанными при наличии данных о содержании нефтепродуктов, фенолов и др.

В тех случаях, когда количество определений показателей существенно различно для разных участков, необходимо искусственно привести эти данные к сопоставимому виду, например, вычислять их среднеарифметическое значение. Дальнейшие расчеты КЗ следует вести по этим средним значениям, считая их за одно определение.

Надо заметить, что не все специалисты [52] соглашаются с предложением авторов использовать при вычислениях лишь те ингредиенты, по которым наблюдается превышение ПДК, поскольку это может привести к ложной оценке фактического состояния качества воды.

Области и условия применения метода

Показатель КЗ может успешно применяться для установления временной и пространственной динамики качества воды. Особое внимание нужно уделить систематичности используемых данных.

Пример расчета α -показателя КЗ приведен в прил.6.

3.2.2.3 Индекс качества воды (ИКВ)

В.И.Гурарий и А.С.Шайн [22] для интегральной оценки качества воды в реках - источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения предлагают **индекс качества воды (ИКВ)** или **общесанитарный индекс качества воды** (более позднее название показателя).

Для определения ИКВ (**I**) предлагается следующее выражение:

$$I = \left[\sum_{i=1}^n \gamma_i \omega_i \right] \prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i, \gamma_i) \quad (3.33),$$

$$0 < I \leq 5, \quad \sum_{i=1}^n \gamma_i = 1, \quad 1 \leq \omega_i \leq 5,$$

$$\prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i, \gamma_i) = \Phi \quad (3.34),$$

здесь γ_i – относительный вес i -го показателя; ω_i – оценка в баллах качества воды по i -му показателю; Φ - «штрафная» функция, понижающая индекс при превышении нормы каким-либо показателем.

Методика расчета индекса качества воды (ИКВ):

1. Для расчета ИКВ требуется определить: γ_i – относительный вес i -го показателя; ω_i – оценку в баллах качества воды по i -му показателю; φ - «штрафную» функцию, понижающую индекс при превышении нормы каким-либо показателем.

2. Относительный «вес» показателя определяется экспертным путем. В табл. 3.12 приведены результаты такой экспертной оценки, которая проводилась лабораторией математического моделирования ВНИИВО для каждого i -го показателя (из 10 наиболее важных для санитарно-бытового водопользования). При практических расчетах можно использовать эти результаты.

3. Оценка качества воды дается по 10 показателям и лежит в пределах от 1 до 5 баллов ($1 \leq \omega \leq 5$). При этом баллу 5 условно соответствует очень чистая вода, баллу 4 – чистая вода, 3 – умеренно загрязненная, 2 – загрязненная, 1 – грязная (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Оценка качества воды [22]

Показатель	Балл				
	5	4	3	2	1
Коли-индекс	0-100	100-1000	10^3 - 10^5	10^5 - 10^7	$> 10^7$
Запах, баллы	0	1-2	3	4	5
БПК ₅ , мг/л	0-1	1-2	2-4	4-10	> 10
pH	6,5-8	6,5-8,5	5-9,5	4-10	10
Растворенный кислород, мг/л	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2
Цветность, град	< 20	20-30	30-40	40-50	> 50
Взвешенные вещества, мг/л	< 10	10-20	20-50	50-100	> 100
Общая минерализация, мг/л	< 500	500-1000	1000-1500	1500-2000	> 2000
Хлориды, мг/л	< 200	200-350	350-500	500-700	> 700
Сульфаты, мг/л	< 250	250-500	500-700	700-1000	> 1000

Каждый интервал значений в столбцах следует понимать как полуинтервал вида $[a, b]$. Для нормируемых параметров верхней границей интервала, соответствующего баллу 4, являются существующие нормы.

4. Для того, чтобы ИКВ точнее учитывал превышение норм по показателям (что соответствует значениям ω_i в 3 и менее баллов), дополнительно вводится так называемая “штрафная” функция $\Phi = \prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i, \gamma_i)$ для ингредиентов, обнаруженных в водотоке в количествах, превышающих нормативы качества воды. Значение φ должно уменьшаться с уменьшением ω_i . Искомая функция должна быть нормированной, ее значение не должно превышать единицы. Учитывая вышесказанное, в качестве функции φ удобно принять [22]:

$$\varphi = \begin{cases} \frac{\gamma_i \sqrt{\omega_i}}{\gamma_k} + \left(1 - \frac{\gamma_i}{\gamma_k}\right), & \omega_i \leq 3 \\ 1, & \omega_i > 3 \end{cases} \quad (3.35),$$

где γ_k – относительный вес коли-индекса, максимальный для всех γ_i .

Для удобства пользования формулой 3.35 в табл. 3.12 приводятся значения штрафной функции φ , вычисленные для всех показателей и значений с $\omega_i = 1, 2, 3$.

Таблица 3.12

Значения функции φ [22]

Показатели	φ	Оценка ω_i , балл		
		3	2	1
Коли-индекс	0,18	0,86	0,7	0,5
Запах	0,13	0,9	0,78	0,64
БПК ₅	0,12	0,9	0,8	0,66
pH	0,1	0,91	0,84	0,73
Растворенный кислород	0,09	0,92	0,85	0,75
Цветность	0,09	0,92	0,85	0,75
Взвешенные вещества	0,08	0,93	0,86	0,77
Общая минерализация	0,08	0,93	0,86	0,77
Хлориды	0,07	0,95	0,88	0,8
Сульфаты	0,06	0,95	0,89	0,83

О том, что работы с привлечением весовых коэффициентов и балльной оценки не остались только в научной литературе XX века, а ведутся и сейчас, свидетельствует расчет индекса химического состояния (ИХС),

предложенный Д.Б.Гелашвили, Т.Д.Зинченко с соавторами в 2002 году [16]:

$$ИХС = \frac{\sum_{i=1}^n a_i B_i(H_i)}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (3.36),$$

где a_i – весовые коэффициенты, B_i – баллы, H_i – гидрохимический показатель. При этом наибольший интерес представляют градации балльной оценки и весовые коэффициенты, используемые авторами метода, для таких гидрохимических показателей, как ХПК, азота аммонийного, нитритного и нитратного, фосфатов и фенолов (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Градации балльной оценки химических показателей для вычисления химического состояния водного объекта

Баллы B_i	1			2			3			4		
Весовые Коэффициенты, a_i	0,7	1,0	1,3	0,7	1,0	1,3	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1
Химическое потребление кислорода, ХПК	>100	99-80	79-60	59-50	49-40	39-30	29-27	26-24	23-20	19-12	11-8	7-0
Азот аммонийный, N-NH ₄	>4,00	3,99-3,00	2,99-2,50	2,49-1,85	1,84-1,20	1,19-0,51	0,50-0,41	0,40-0,31	0,30-0,21	0,20-0,13	0,12-0,06	0,05-0,00
Азот нитратный, N-NO ₃	>4,00	3,99-3,00	2,99-2,50	2,49-1,90	1,89-1,30	1,29-0,70	0,69-0,57	0,56-0,44	0,43-0,30	0,29-0,20	0,19-0,10	0,10-0,00
Азот нитритный, N-NO ₂	>0,30	0,30-0,20	0,19-0,10	0,099-0,007	0,069-0,040	0,039-0,002	0,019-0,015	0,014-0,011	0,010-0,005	0,0049-0,003	0,0029-0,001	0,001-0,000
Фосфаты, P-PO ₄	>0,61	0,60-0,41	0,40-0,31	0,30-0,21	0,20-0,15	0,14-0,11	0,100-0,081	0,080-0,061	0,060-0,031	0,030-0,021	0,020-0,011	<0,011
Фенолы	20-17	16-13	12-10	9-7	6-4	3-1	-	следы	-	-	0	-

По мнению Шитикова В.К. с соавторами [83], несмотря на всю эффективность экспертных методов, возможность их применения именно в данной задаче сомнительна. «Эксперты дают оценку в баллах, но соответствуют ли эти оценки действительному биологическому эффекту веществ? В литературе пока нет доказательств такого соответствия

(впрочем, никто не показал и обратного)» [83]. Хотя, по мнению этих же авторов, если будет найден путь формализации расчета оценок и штрафных функций «данная интегрированная оценка влияния большого числа прочих веществ представляется заслуживающей живейшего внимания».

О сложности использования метода Шайна и Гурария в гидрохимической практике одними из первых (1978 г.) упоминают В.П.Емельянова и Г.Н.Данилова [27].

По их мнению, определение комплексного индекса качества воды имеет ряд недостатков, которые затрудняют его широкое практическое применение:

1. Строго регламентируется перечень и количество используемых для выполнения задачи ингредиентов и показателей качества воды, что, в частности, делает невозможным построение индекса качества воды по данным Гидрометслужбы, сеть которой накоплен наиболее обширный в СССР аналитический материал, но программой работ не предусмотрено определение коли-индекса.

2. Методика расчета общесанитарного индекса качества воды Гурария и Шайна основана на использовании относительной массы рассматриваемых ингредиентов, определяемой с помощью экспертов и не учитывающей абсолютные значения каждого ингредиента: при любой концентрации ингредиента его относительная масса остается неизменной.

Взяв за основу методику расчета общесанитарного индекса качества воды **В.П.Емельянова, Г.Н.Данилова** [29], предложили следующее:

1. В случае, если эксперт не располагает данными о содержании десяти обозначенных в методике ингредиентов и показателей загрязнения, а имеет сведения только о некоторых из упомянутых ингредиентов, сумма относительных масс отсутствующих ингредиентов равномерно распределяется между относительными массами имеющихся.

2. В методику расчета относительных масс ингредиентов для учета их абсолютных содержаний предлагается вводить концентрационную поправку Δu_i . В случае отличия абсолютных

концентраций ингредиентов от равноценных концентрационная поправка будет определяться разностью между равноценными и конкретными концентрациями веществ в водоеме:

$$\Delta\gamma_i = \frac{\omega_p - \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (3.37),$$

где ω_i – оценка качества воды в баллах по i -тому ингредиенту, определяемая методом экспертных оценок; ω_p – равноценная оценка качества воды в баллах по i -му ингредиенту,

определяемая по $\omega_p = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i}{n}$ (ω_p условно соответствует такому

качественному состоянию водного объекта, когда загрязняющие эффекты, вносимые каждым показателем в общее качество воды, равны между собой); n – число показателей.

Относительная масса ингредиентов определяется по формуле:

$$\gamma_i = \gamma_{i3} + \Delta\gamma_i \quad (3.38),$$

где γ_i – относительная масса i -го показателя; γ_{i3} – относительная масса i -го показателя, вычисленная по сумме рангов, назначенных экспертами; $\Delta\gamma_i$ – концентрационная поправка.

Область и условия применения метода

ИКВ Гурария и Шайна может применяться для оценки современного состояния водных объектов, имеющих хозяйственно-питьевое назначение. Таким образом, его можно использовать для **временной динамики** качества воды источников питьевого водоснабжения, которые не имеют высокого естественного содержания солей или взвешенных веществ (ограничение, введенное авторами метода).

Несмотря на относительную длительность расчетов (особенно с учетом вышеизложенных поправок [27]), индекс качества воды один из показателей качества воды, наиболее полно отражающий реальное состояние водного объекта.

Необходимым условием является учет девяти гидрохимических показателей – запаха, БПК₅, рН, растворенного кислорода, цветности, взвешенных веществ,

общей минерализации, хлоридов и сульфатов, а также одного микробиологического – коли-индекса.

Пример расчета ИКВ Городского пруда приведен в прил.7.

3.2.2.4 Комплексная оценка степени загрязнения водных объектов токсичными веществами - КОСЗ

Однако, как можно заметить, в списке обязательных ингредиентов для расчета ИКВ Гурария и Шайна отсутствуют токсичные показатели. На это, как на недостаток метода, указывают С.М.Марголина, Г.М.Рохлин в работе «О количественной оценке...,1979» [43]. Авторы ИКВ «исходят из допущения, что концентрации последних не должны превышать ПДК или принятых стандартов. При превышении же ПДК каким-либо одним ингредиентом качество воды автоматически объявляется нулевым. Достаточно частое нарушение нормативов приводит к одной и той же (нулевой) оценке состояния водоемов, хотя концентрации токсических веществ в них могут существенно различаться (в 100 и даже 1000 раз)» [43].

Для устранения этого недостатка наряду с **ИКВ** С.М.Марголина и Г.М.Рохлин, предлагают ввести комплексную оценку степени загрязнения (**КОСЗ**) водоемов токсическими веществами. Таким образом, при оценке качества воды в данном случае принимаются во внимание значения обоих комплексных показателей.

Авторами также предлагается различным токсическим веществам давать относительный вес (по степени опасности кратностей превышения предельно допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного назначения ПДКр/х). В качестве основной характеристики опасности кратности превышения ПДК вводятся величины μ_i , которые авторы показателя называют коэффициентами запаса (КЗ):

$$\mu_i = \ln \frac{LC_{50i}}{C_{м.н.i}} \quad (3.39),$$

где $C_{м.н.i}$ – максимальная недеиствующая концентрация i -го вещества; LC_{50i} – летальная концентрация, приводящая к гибели 50% тест-объектов.

Величина «запаса» $LC50/C_{м.н.}$ является показателем опасности токсического вещества. Это отношение характеризует по словам авторов ««расстояние» между максимальными недеиствующими и летальными концентрациями, т.е. диапазон действующих концентраций, вызывающих разнообразные патологические изменения, вплоть до гибели 50% тест-объектов за период от нескольких месяцев до 24-96 часов (в зависимости от времени эксперимента)». Авторами метода было принято, что величины ПДКр/х веществ, нормируемых по токсикологическому признаку вредности, соответствуют максимально недеиствующей концентрации ($C_{м.н.}$) для данного вида.

Авторы комплексной оценки степени загрязнения рассчитали коэффициент запаса ($\mu_i = \ln \frac{LC_{50i}}{ПДКр/х}$) для более чем двадцати наиболее распространенных загрязнителей водных объектов [43].

К сожалению, на сегодняшний день полученными авторами КОСЗ весовыми функциями по некоторым токсичным веществам безоглядно не воспользуешься – придется рассчитывать самостоятельно.

Это связано с тем, что, во-первых, за прошедшие 30 лет с момента создания данного комплексного показателя изменились ЛПВ некоторых веществ, внесенных авторами в список веществ с токсикологическим ЛПВ (магний, нитраты, фенолы, нефтепродукты). Так, магний и нитраты относятся теперь к веществам группы санитарно-токсикологического ЛПВ, а фенолы и нефтепродукты – к группе соединений с рыбохозяйственным ЛПВ.

Во-вторых, изменились (или впервые появились) ПДКр/х, т.е. знаменатель вышеуказанного отношения (3.39). Так, более жесткими, в сравнении с 70-ми годами стали ПДК р/х меди и свинца, и, наоборот смягчились подходы к ПДК

нитратов (было 10 мг/л, стало 40 мг/л), появились в России ПДК хрома трех – и шестивалентного (авторы для расчета КОСЗ использовали для хрома на те времена нормативы, принятые в США).

Все это лишь указывает на то, что гидрохимия не застывшая наука, что появляются или заново обновляются ранее созданные методы комплексной оценки качества природных вод.

Методика расчета индекса качества воды КОСЗ:

КОСЗ (F) рассчитывается по следующей формуле:

$$F = 2 \cdot 10^{-5} \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i / ПДК_i)^{\mu_i}} \quad (3.40),$$

где C_i – концентрация в воде i -го токсичного ингредиента; μ_i – коэффициент запаса, рассчитывается по формуле 3.24: $\mu_i = \ln \frac{LC_{50i}}{C_{м.н.i}}$; LC_{50i} – концентрация вредного

вещества, вызывающего гибель 50% тест-объектов; $C_{м.н.i}$ – максимальная недеятельная концентрация i -го вещества; n – количество i -х ингредиентов, участвующих в расчете показателя.

Область и условия применения метода

Комплексная оценка степени загрязнения токсичными веществами – **КОСЗ** может применяться для характеристики загрязненности водных объектов, имеющих как рыбохозяйственное, так и хозяйственно-питьевое назначение. По мнению В.И.Кичигина и Е.Д. Палагина [37] КОСЗ пригодна для получения детализированной картины загрязненности воды.

3.2.2.5. Критерий J_{Σ}

Я.И.Вайсманом, Н.В.Зайцевой, А.В.Анцкайтисом и П.Г.Коркуновым [52] для комплексной оценки качества воды предлагается **критерий J_{Σ}** , определяемый выражением:

$$J_{\Sigma} = J_{орг} + J_{сан} + J_{ток} + J_{бак} \quad (3.41),$$

где $J_{орг}$, $J_{сан}$, $J_{ток}$, $J_{бак}$ – суммарные показатели относительного загрязнения воды соответственно по органолептическому,

общесанитарному, токсикологическому признакам вредности и показатель относительного бактериального загрязнения воды.

Методика расчета критерия J_{Σ} :

1. При расчете критерия J_{Σ} используются нормативы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

2. **Критерий J_{Σ}** , определяется по формуле (3.41):

$$J_{\Sigma} = J_{\text{орг}} + J_{\text{сан}} + J_{\text{ток}} + J_{\text{бак}},$$

3. Суммарный показатель относительного загрязнения воды по органолептическому признаку вредности $J_{\text{орг}}$ помимо веществ соответствующего ЛПВ учитывает также показатели относительного загрязнения воды по запаху и привкусу.

4. Суммарные показатели $J_{\text{орг}}$, $J_{\text{сан}}$, $J_{\text{ток}}$ рассчитываются как фактические превышения различными веществами соответствующих им значений ПДК ($C_i/C_{\text{ПДК}}$), с учетом классов опасности этих веществ.

5. Показатель относительного бактериального загрязнения воды $J_{\text{бак}}$ выражается отношением числа обнаруженных в воде бактерий группы кишечной палочки к их допустимому содержанию.

6. Предполагается, что значения показателей $J_{\text{орг}}$, $J_{\text{сан}}$, $J_{\text{ток}}$, $J_{\text{бак}}$ изменяются в интервале от нуля до единицы.

7. Величина суммарного критерия J_{Σ} меняется от 0 (допустимая степень загрязнения) до > 4 (чрезвычайно высокая степень загрязненности).

Область и условия применения метода

Несомненным преимуществом критерия J_{Σ} , а также важным условием для его расчета является учет бактериального загрязнения и классов опасности веществ.

Область его применения – временная оценка качества воды водоемов, используемых для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд населения [52].

Простота и удобство расчетов критерия J_{Σ} способствуют его практическому использованию для временной оценки качества воды.

3.2.2.6 Комплексный показатель χ

В.В.Мороков [52] в качестве обобщенного показателя загрязненности воды в створе рекомендует использовать **показатель χ** , учитывающий основное химическое и бактериальное загрязнение речной воды и рассчитываемый по формуле):

$$\chi = \sqrt{\chi_{хим}\chi_{бак}} \quad (3.42),$$

где χ – показатель загрязненности речной воды, определяемый как среднегеометрическая величина частных показателей химической и бактериальной загрязненности; $\chi_{хим}$ – частный показатель загрязненности воды химическими веществами; $\chi_{бак}$ – частный показатель бактериальной загрязненности воды.

Данный показатель всегда будет больше нуля, т.к. даже в незагрязненной воде всегда в тех или иных количествах присутствуют как химические вещества, так и бактерии.

Методика расчета показателя χ :

1. В данной методике при расчете χ рекомендуется использовать наиболее жесткие значения – ПДКр/х. Этим достигается сопоставимость результатов расчета рассматриваемого показателя для различных рек и периодов времени.

2. Для расчета **показателя χ** определяем частные показатели загрязненности воды - $\chi_{хим}$ и $\chi_{бак}$. Они выражают кратность превышения (или непревышения) фактическими уровнями загрязненности соответствующих нормативных значений и определяются формулами:

$$\chi_{хим} = \frac{\chi_{фхим}}{\chi_{0хим}} \quad (3.43),$$

$$\chi_{бак} = \frac{\chi_{фбак}}{\chi_{0бак}} \quad (3.44),$$

где $\chi_{ф хим}$ и $\chi_{ф бак}$ – средние за рассматриваемый период (сезон, год и т.д.) фактические уровни химической и бактериальной загрязненности речной воды; $\chi_{0 хим}$ и $\chi_{0 бак}$ – нормативные значения химической и бактериальной загрязненности.

4. Рассчитываем средний за рассматриваемый период фактический уровень загрязненности воды химическими веществами по формуле:

$$\chi_{\text{хим}} = \max \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{S_{ik}}{\text{ПДК}_i} \right) \quad (3.45),$$

где S_{ik} – концентрация i -го вещества, относящегося к одной из пяти j -групп с одинаковыми ЛПВ в k -пробе; ПДК_i – соответствующая i -му веществу предельно допустимая концентрация, определяемая в соответствии с категорией водопользования, установленной для данной реки (прил. 4,5); j – число групп веществ с одинаковым ЛПВ, обнаруженных в воде исследуемой реки, $j = 1 \dots 5$; n – число веществ j -группы; m – число химических анализов воды за рассматриваемый период.

Определять нормативное значение показателя загрязненности воды химическими веществами ($x_0_{\text{хим}}$) целесообразно исходя из верхнего предела соотношения $\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1$. Тогда $x_0_{\text{хим}} = 1$.

5. Определяем уровень бактериальной загрязненности по формуле:

$$\chi_{\text{фбак}} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m C_k \quad (3.46),$$

где $\chi_{\text{фбак}}$ – средний за рассматриваемый период фактический уровень бактериальной загрязненности речной воды (коли-индекс); C_k – коли-индекс k -ой пробы, m – число бактериологических анализов воды за рассматриваемый период.

6. В качестве нормативного значения показателя бактериальной загрязненности воды $x_0_{\text{бак}}$ рекомендуется использовать значений коли-индекса, для воды рек, используемых в рекреационных целях:

$$x_0_{\text{бак}} = 1000.$$

7. Нормативному уровню загрязненности речной воды соответствует значение показателя $\chi \leq 1$, которое достигается при $x_0_{\text{хим}} \leq 1$ и $x_0_{\text{бак}} \leq 1000$.

8. Если значение $\chi > 1$ или $x_0_{\text{хим}}$ и $x_0_{\text{бак}}$ превышают соответствующие нормативы (даже при $\chi \leq 1$), то это

свидетельствует о загрязненности речной воды сверх допустимых пределов [52].

9. Сбор фактических данных необходимо проводить по материалам организаций, осуществляющих контроль по бактериальному загрязнению (МУП «Водоканал», Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека - Роспотребнадзор, ведомственные лаборатории предприятий, имеющих выпуски сточных вод).

Область и условия применения метода

Данный показатель может использоваться для характеристики временной и пространственной динамики качества воды водоемов хозяйственно-питьевого и рекреационного (культурно-бытового) назначения. Преимущество данного показателя, как и предыдущего – простота и удобство в использовании.

Необходимое условие – учет бактериального загрязнения, а именно, значение коли-индекса. Однако, по этому поводу хочется заметить, что коли-индекс был обязательным микробиологическим показателем в нашей стране в 80-е и 90-е годы. С выходом в 2000 году СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод" [71], а в 2001 году - СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества" [72] коли-индекс в этих нормативных документах заменен на показатель содержания термотолерантных колиформных бактерий.

3.2.2.7 Индекс загрязнения воды (ИЗВ):

Одним из наиболее распространенных комплексных показателей качества воды является гидрохимический **индекс загрязнения воды (ИЗВ)**.

ИЗВ был установлен Госкомгидрометом СССР в 1986 году [13] и относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов (впрочем, необходимость его применения не подтверждается ни одним из опубликованных позже официальных нормативных документов). Этот индекс представляет собой среднюю долю

превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$ИЗВ = \frac{\sum \frac{C_{i-6}}{ПДК_{i-6}}}{6} \quad (3.47),$$

где: $\frac{C}{ПДК}$ – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); **6** – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета; ПДК_{*i*} – установленная величина норматива по шести ингредиентам для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК₅ и содержание растворенного кислорода, находят отношения $C_i / ПДК_i$ фактических концентраций к ПДК и полученный список сортируют. ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет.

Учитывая, что показатель БПК₅ является интегральным показателем наличия легкоокисляемых органических веществ, а также то, что с увеличением содержания легкоокисляемых органических веществ уменьшается содержание растворенного в воде кислорода, нормы для этих показателей принимаются следующие [30]:

Для биологического потребления кислорода за 5 суток - БПК₅ (предельно допустимое значение БПК_{полн.} – не более 3 мг О₂/дм³ для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О₂/дм³ для водоемов культурно-бытового или рекреационного водопользования) устанавливаются специальные значения нормативов, зависящие от самого значения БПК₅ (табл.3.14):

Таблица 3.14

Норма для БПК₅, учитываемая при расчете ИЗВ [23]

<u>Показатель БПК₅ (мгО₂/л)</u>	<u>Норма</u>
до 3 включительно	3
от 3 до 15	2
свыше 15	1

Концентрация растворенного кислорода нормируется с точностью до наоборот: его содержание в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм. Для каждого диапазона концентраций растворенного кислорода устанавливаются специальные значения слагаемых $C_i/ПДК_i$ – норма (табл.3.15):

Таблица 3.15

Норма для растворенного кислорода, учитываемая при расчете ИЗВ [23]

<u>Концентрация (мгО₂/л)</u>	<u>Норма</u>
свыше 6	6
менее 6 до 5	12
менее 5 до 4	20
менее 4 до 3	30
менее 3 до 2	40
менее 2 до 1	50
менее 1 до 0	60

Для водородного показателя рН действующие нормативы для воды водоемов различного назначения регламентируют диапазон допустимых значений в интервале от 6,5 до 8,5, поэтому для каждого сверхнормативного значения рН, выходящего за границы этого диапазона, устанавливаются специальные значения слагаемых $C_i/ПДК_i$ – норма (табл.3.16):

Таблица 3.16

Норма для рН, учитываемая при расчете ИЗВ [30]

<u>Значения рН ниже диапазона нормы (< 6.5)</u>	<u>Значения рН выше диапазона нормы (> 8.5)</u>	<u>Норма</u>
Менее 6.5 до 6	Свыше 8.5 до 9	2
Менее 3 до 5	Свыше 9 до 9.5	5
Менее 5	Свыше 9.5	20

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы качества воды (табл. 3.17). При этом устанавливается требование, чтобы индексы загрязнения воды сравнивались для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени, и так далее), а также с учетом фактической водности текущего года.

Таблица 3.17

Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды [30]

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	менее или равно 0,2	I
Чистые	более 0,2–1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	III
Загрязненные	2,0–4,0	IV
Грязные	4,0–6,0	V
Очень грязные	6,0–10,0	VI
Чрезвычайно грязные	>10,0	VII

Данные о концентрациях веществ в водном потоке заимствуются из материалов организаций, осуществляющих гидрохимический мониторинг водных объектов (Росгидромет, Роспотребнадзор).

Данные о предельно-допустимых концентрациях (ПДК) для водных объектов разного вида водопользования приводятся в **прил. 4,5**.

Область и условия применения метода

Явное преимущество данного индекса – быстрота и простота расчетов - сделали этот показатель одним из наиболее распространенных показателей качества воды. Использование его приоритетно для установления временной изменчивости качества воды.

Несмотря на перечисленные достоинства ИЗВ, некоторые ученые [23] указывают, что использование при оценке качества воды ИЗВ, приводит к ошибочной оценке состояния водных объектов, состав воды которых формируется под воздействием водно-болотных процессов. В таком случае нецелесообразно использовать этот показатель для

пространственной оценки загрязненности воды в речных бассейнах с резко отличающимися природными факторами формирования воды.

О повышении индикативности ИЗВ как показателя качества воды указывает в своей работе и З.Г.Гольд с соавторами [18]. В данном случае предлагается включить все (а не шесть, как принято сейчас) ингредиенты химического состава конкретной пробы воды.

Более сложные поправки к алгоритму вычисления ИЗВ при расчете своего комплексного параметра - индекса загрязнения воды Института географии СО РАН (ИЗВИГ) предлагают А.В.Игнатов, В.В.Кравченко и В.Н.Федоров [32].

Вычисление ИЗВИГ сводится к выполнению следующих действий: 1) по каждому контрольному посту определяются среднегодовые значения концентраций измеряемых ингредиентов C_i ; 2) эти значения делятся на соответствующие ПДК_i; 3) полученное множество среднегодовых концентраций загрязняющих веществ, выраженных в долях ПДК, ранжируется в порядке убывания, причем кислород и БПК₅ независимо от значений, помещаются в начало ряда под номерами 1 и 2; 4) для каждого вещества вычисляется весовой коэффициент по формуле $k_i = K(C_i/PДК_i)$; 5) весовые коэффициенты растворенного кислорода и БПК₅ приравниваются к весовому коэффициенту вещества, стоящего под третьим номером в ряду, т.е. $k_1 = k_2 = k_3$.

Чтобы избежать нарушения монотонности по концентрациям, авторы рекомендуют нормировать на единицу весовые коэффициенты не менее чем половины членов ранжированного ряда:

$$\sum_{i=1}^{n/2+1} k_i = K * \sum_{i=1}^{n/2+1} \left(\frac{K * C_i}{ПДК_i} \right) = 1 \quad (3.48),$$

откуда нормирующий множитель $K = \left(\sum_{i=1}^{n/2+1} \frac{C_i}{ПДК_i} \right)^{-1}$ (3.49)

Таким образом, индекс загрязнения воды (ИЗВИГ), удовлетворяющий требованиям монотонности, будет вычисляться по формуле:

$$\text{ИЗВИГ} = \left(\sum_{i=1}^{n/2+1} \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{-1} * \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^2 \quad (3.50)$$

По мнению автора данного пособия, ценным является то, что **ИЗВИГ** (кроме требования *монотонности концентраций* - повышение концентрации в воде любого вещества, приводящее к увеличению значения индекса) отвечает следующим важным требованиям, выдвигаемым авторами индекса:

- *стандартизованность*, т.к. ИЗВИГ ориентирован на использовании любых имеющихся материалов измерений, для которых определены ПДК или другая норма;

- *робастность*, поскольку индекс устойчив по отношению к использованию материалов различной пробности и точности, при его расчетах применяются операции осреднения и суммирования данных;

- *покомпонентная чувствительность*, в связи с тем, что способ оценки весовых коэффициентов обеспечивает достаточную чувствительность индекса к изменению качества воды при ее загрязнении даже одним ингредиентом.

Однако, вызывает некоторое несогласие требование ИЗВИГ - *монотонность по компонентам* – данный индекс учитывает ухудшение качества воды с увеличением числа загрязняющих компонентов. Число же последних не оговаривается («все измеренные концентрации»), соответственно, чем больше учтено загрязняющих примесей, тем выше показатель загрязнения, и его величина отражает не столько объективно существующий уровень загрязнения, сколько уровень его изученности.

3.2.2.8 Индекс загрязнения воды с поправкой на водность (ИЗВ*)

А.П.Шлычков, Г.Н.Жданова, О.Г.Яковлева, основываясь на все тех же «Временных методических указаниях...», вышедших в 1986 году [84] предлагают для оценки степени загрязнения водотоков индекс загрязнения воды с поправкой на водность (ИЗВ*).

Методика расчета коэффициента разбавления ИЗВ*:

1. Определение ИЗВ* осуществляют путем умножения коэффициента водности (К) на рассчитанный индекс загрязненности воды (ИЗВ), получая, таким образом, ИЗВ с поправкой на водность или ИЗВ*.

2. Расчет ИЗВ* производится по следующей формуле:

$$ИЗВ^* = ИЗВ \cdot K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{c_i \cdot Q_{факт}}{ПДК_i \cdot Q_{ср.мн.}} \quad (3.51),$$

где C_i – фактическая концентрация i -го ингредиента; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация ингредиента, соответствующая назначению водного объекта; $Q_{факт}$ – фактический расход воды ($м^3/с$); $Q_{ср.мн.}$ – среднегодовалый расход воды ($м^3/с$); n – количество ингредиентов, по которым осуществлялся расчет.

Числитель в данном выражении представляет собой наблюдаемый сток ингредиентов, вносящих основной вклад в загрязнение, а знаменатель – его предельно допустимый сток в средний по водности год.

3. При расчете используются наиболее жесткие критерии - рыбохозяйственные ПДК.

4. Для оценки относительной нагрузки загрязняющих веществ на реки в разные сезоны года могут быть рассчитаны ежемесячные ИЗВ с поправкой на водность.

5. Для расчетов ИЗВ* потребуется собрать данные о фактических и среднегодовых расходах воды исследуемого водотока, а также о фактических концентрациях загрязняющих веществ. Такой материал в достаточном объеме и за длительный период времени имеется в Федеральной службе по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Область и условия применения метода

Отличительная особенность **ИЗВ*** - учет водности исследуемой реки, благодаря чему этот показатель характеризует кратность превышения нормативного стока основных загрязняющих веществ. Учитывая водность реки, этот показатель является улучшенной разработкой ИЗВ, поскольку более полно описывает ситуацию с загрязнением воды в разные по водности годы и сезоны года.

«Важность учета расхода воды при оценке состояния реки подтверждается наличием характерных зависимостей **ИЗВ*** - $Q_{\text{факт.}}$ » [84, с.26].

Как и предыдущий показатель, **ИЗВ*** лучше использовать для описания временной, и, особенно, внутригодовой динамики качества воды. Что касается использования данного показателя для пространственной оценки загрязненности, то таковая может осуществляться только для рек со сходными физико-географическими факторами формирования химического состава природных вод.

С примерами расчетов ИЗВ и ИЗВ* можно ознакомиться в прил. 8.

3.2.2.9 Методика НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана

Для определения степени загрязнения воды **Ю.И.Новиков, С.И.Плитман, К.О.Ласточкина, Р.М.Хвастунов** [56] предлагают комплексную оценку уровня загрязнения по каждому лимитирующему признаку вредности. Данный комплексный показатель **W** рассчитывается по формуле:

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n} \quad (3.52),$$

$$\delta_i = C_i/N_i \quad (3.53),$$

где **W** – комплексная оценка уровня загрязнения воды по данному ЛПВ, **n** – число показателей, используемых в расчете;

N_i – нормативное значение единичного показателя (чаще всего $N_i = \text{ПДК}_i$); δ_i – нормированная по ПДК_i концентрация i -го единичного показателя (C_i). Если $\delta_i < 1$, т.е. концентрация менее нормативной, то принимается $\delta_i = 1$.

При этом используются четыре критерия вредности, по каждому из которых сформирована определенная группа веществ и специфических показателей качества воды:

- критерий санитарного режима (W_c), где учитывается растворенный кислород, БПК₅, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по влиянию на санитарный режим;

- критерий органолептических свойств (W_ϕ), где учитывается запах, взвешенные вещества, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по органолептическому признаку вредности;

- критерий, учитывающий опасность санитарно-токсикологического загрязнения (W_{cm}), где, как и в предыдущем критерии учитывается ХПК (органическое вещество при разложении ухудшает санитарное состояние водных объектов) и специфические загрязнения, нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку;

- эпидемиологический критерий (W_e), учитывающий опасность микробного загрязнения.

По особым формулам рассчитываются вклады для содержания растворенного кислорода и взвешенных веществ. Растворенный кислород нормируется по нижнему уровню значения, т.е. его содержание должно быть меньше 4 мг/л, поэтому при $C_i < 4$ для него принято:

$$\delta_i = 1 + 10(N_i - C_i)/N_i \quad (3.54)$$

Для взвешенных веществ также предложены специальные формулы, учитывающие требования "Правил охраны поверхностных вод от загрязнения ..., 1991" [64].

Одни и те же показатели могут входить одновременно в несколько групп. Комплексная оценка вычисляется отдельно для каждого *лимитирующего признака вредности* (ЛПВ) W_c , W_ϕ , W_{cm} и W_e по указанной выше формуле (3.52).

В зависимости от значений комплексных оценок W авторы предлагают 4 уровня загрязнения водоемов (табл. 3.18).

Степень загрязнения водоемов в зависимости от значений комплексных показателей W , рассчитанных по лимитирующим признакам вредности [56]

Уровень загрязнения	Критерий загрязнения по величинам комплексных оценок			
	Органолептический (W_{ϕ})	Санитарный режим (W_c)	Санитарно-токсикологический (W_{cm})	Эпидемиологический ($W_э$)
Допустимый	1	1	1	1
Умеренный	1,0 – 1,5	1,0 – 3,0	1,0 – 3,0	1,0 – 10,0
Высокий	1,5 – 2,0	3,0 – 6,0	3,0 – 10,0	10,0 – 100,0
Чрезвычайно высокий	> 2,0	> 6,0	> 10,0	> 100,0

Методика расчета W :

1. Метод комплексной оценки разработан на основе химических и бактериологических показателей.

2. В расчете используются нормативы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

3. Комплексная оценка уровня загрязнения **по каждому лимитирующему признаку вредности ω** определяется по формуле (3.52).

4. Нормированная по ПДК_{*i*} концентрация *i*-го показателя δ_i представляет отношение концентрации *i*-го ингредиента в воде водного объекта к его предельно-допустимой концентрации (формула 3.53):

$$\delta_i = \frac{C_i}{C_{ПДК}} ,$$

где C_i – концентрация *i*-го ингредиента в воде водного объекта, мг/л; $C_{ПДК}$ – предельная допустимая концентрация *i*-го ингредиента, мг/л

5. Для расчета необходимы данные о фактических концентрациях веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Такого рода материал имеется в организациях, занимающихся мониторингом

загрязнения объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения – Роспотребнадзоре, МУП «Водоканал», а также на предприятиях, осуществляющих сброс сточных вод в такие объекты.

Область и условия применения метода

Данный показатель может использоваться для временной оценки качества воды водных объектов в черте города. Его, также как и ИЗВ отличает простота расчетов.

Необходимым условием является оценка уровня загрязнения по каждому лимитирующему признаку вредности и учет бактериального загрязнения.

3.2.2.10 Комбинаторный индекс загрязненности воды – КИЗВ

Впервые методика его расчета подробно была опубликована в статье В.П.Емельяновой с соавторами «Оценка качества поверхностных вод суши...», 1983» [28]. Окончательная доработка методических основ показателя была осуществлена В.П. Емельяновой и А.М.Никаноровым. В данном разделе приводится последнее изложение методических принципов расчета этого показателя, положенное в основу РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Расчет КИЗВ осуществляется в несколько этапов.

1 этап. Сбор исходной информации. На данном этапе определяется перечень ингредиентов и показателей качества воды, по которому будут рассчитываться комплексные показатели. Обязательный перечень, регламентируемый Приложением В РД 52.24.643-2002, содержит следующие ингредиенты: растворенный в воде кислород, БПК₅(O₂), ХПК, фенолы, нефтепродукты, нитрит-ионы (NO₂⁻), нитрат-ионы (NO₃⁻), аммоний-ион (NH₄⁺), железо общее (Fe⁺² и Fe⁺³), медь (Cu²⁺), цинк (Zn²⁺), никель (Ni²⁺), марганец (Mn²⁺), хлориды, сульфаты.

2 этап. Предварительная оценка загрязненности с помощью коэффициента комплексности загрязненности воды (К), который представляет собой отношение количество загрязняющих веществ, содержание которых превышает ПДК, к общему числу, учитываемых в расчете веществ:

$$K = \frac{n^*}{n} 100\% \quad (3.55),$$

где n^* - число ингредиентов и показателей качества, содержание которых превышает установленные ПДК; n – общее число нормируемых ингредиентов и показателей качества.

Коэффициент комплексности К характеризует в основном участие антропогенной составляющей в формировании химического состава воды водных объектов. Чем больше К, тем хуже качество воды и тем большее влияние на формирование качества оказывает антропогенный фактор.

Данный коэффициент измеряется в процентах, диапазон его изменения 1-100%. Если значение $K \geq 10\%$, применяется метод комплексной оценки качества воды. При $K < 10\%$ загрязненность воды обусловлена единичными компонентами и проводится подробное дифференцированное их обследование (табл. 3.19).

Таблица 3.19

**Категории воды водных объектов по значениям
коэффициентов комплексности загрязненности воды
водного объекта согласно
обязательному Приложению Д РД 52.24.643-2002 [69]**

Комплексность загрязненности воды водных объектов				Категория воды
$K\%$	Характеристика информации о загрязненности воды	$K_{B3}(K_{ЭВЗ})\%$	Характеристика высокого (экстремально высокого) уровня загрязненности воды	
(0; 10]	По единичным ингредиентам и показателям качества воды	(0; 5]	Высокий (экстремально высокий) уровень загрязненности по единичным ингредиентам и показателям качества воды	I
(10; 40]	По нескольким ингредиентам и показателям качества воды	(5; 20]	Высокий (экстремально высокий) уровень загрязненности по нескольким ингредиентам и показателям качества воды	II
(40; 100]	По комплексу ингредиентов и показателей качества воды	(20; 100]	Высокий (экстремально высокий) уровень загрязненности по комплексу ингредиентов и показателей качества воды	III
Примечание. Здесь и далее интервалы обозначают следующим образом: число слева - начало интервала; число справа - конец Интервала; круглая скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал не входит; квадратная скобка - значение входит.				

3 этап. Относительная оценка качества воды по каждому изучаемому ингредиенту.

На данном этапе определяется повторяемость случаев превышения нормативов (чаще всего – ПДКр/х).

Повторяемость случаев загрязненности α_{ij} , т.е. частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК:

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} \cdot 100\% \quad (3.56),$$

где n'_{ij} - число результатов анализа по i -му ингредиенту в j -м створе за рассматриваемый период времени, в которых содержание или значение их превышает соответствующие ПДК; n_{ij} - общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -м створе.

По значению повторяемости случаев превышения нормативов (α_{ij}) и классификации воды по этому признаку рассчитывается частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha_{ij}}$, величина которого может изменяться от 1 до 4. Эта процедура – первая ступень классификации загрязненности воды (табл. 3.20).

Таблица 3.20

Классификация воды водных объектов по повторяемости случаев загрязненности согласно обязательному Приложению Е РД 52.24.643-2002 [69]

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды	Частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha_{ij}}$	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
[1*; 10)	Единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	Неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	Устойчивая	[3; 4)	0,05
[50; 100)	Характерная	4	-

Кроме повторяемости рассчитывается среднее значение кратности превышения ПДК по результатам проб, где такое превышение наблюдалось ($\bar{\beta}_{ij}$).

Расчет среднего значения кратности превышения ПДК ведется по формуле:

$$\bar{\beta}'_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^{n'_{ij}} \beta_{ijf}}{n'_{ij}} \quad (3.57),$$

где $\beta_{ij} = \frac{C_{ij}}{ПДК_i}$ - кратность превышения ПДК по i -му ингредиенту в f -м результате химического анализа для j -го створа;

Определение кратности нарушения норматива для растворенного в воде кислорода осуществляется по формуле:

$$\beta_{O_2, fj} = \frac{ПДК_{O_2}}{C_{O_2, fj}} \quad (3.58),$$

где $C_{O_2, fj}$ - концентрация растворенного кислорода в f -м результате химического анализа для j -го створа, мг/дм³.

По величине средней кратности превышения ПДК ($\overline{\beta_{ij}}$) и классификации воды по этому признаку рассчитывается частный оценочный балл по ($\overline{\beta_{ij}}$), который может изменяться от 1 до 4. Эта процедура – вторая ступень классификации загрязненности воды (табл. 3.21).

Таблица 3.21

Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК согласно обязательному Приложению Ж РД 52.24.643-2002 [69]

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязненности	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК $S_{\beta_{ij}}$	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу кратности превышения ПДК
(1; 2)	Низкий	[1; 2)	1,00
[2; 10)*	Средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)**	Высокий	[3; 4)	0,025
[50; ∞]	Экстремально высокий	4	0,025

Примечание. Для растворенного в воде кислорода используют следующие условные градации кратности уровня загрязненности: (1; 1,5] - низкий; (1,5; 2] - средний; (2; 3] - высокий; (3; ∞] - экстремально высокий. Если концентрация растворенного в воде кислорода в пробе равна 0, для расчета условно принимаем ее равной 0,01 мг/дм³.

Далее, на четвертом этапе определяется обобщенный оценочный балл (S_{ij}) как произведение частных оценочных

баллов по повторяемости и кратности, который может изменяться от 1 до 16 (табл. 3.22).

Таблица 3.22

Возможные вариации качественного состояния воды водотоков по отдельным ингредиентам и показателям загрязненности [54]

№ п/ п	Характеристика состояния загрязненности воды водотока			Оценка степени загрязненности
	качественная	количественная, баллы		
		частные (произведе- ния)	обобщен- ный балл (S_{ij})	
1	2	3	4	5
1	Единичная загрязненность низкого уровня	1×1	1	слабо загрязненная
2	Единичная загрязненность среднего уровня	1×2	2	загрязненная
3	Единичная загрязненность высокого уровня	1×3	3	грязная
4	Единичная загрязненность очень высокого уровня	1×4	4	грязная
5	Неустойчивая загрязненность низкого уровня	2×1	2	загрязненная
6	Неустойчивая загрязненность среднего уровня	2×2	4	грязная
7	Неустойчивая загрязненность высокого уровня	2×3	6	очень грязная

Продолжение таблицы 3.22

1	2	3	4	5
8	Неустойчивая загрязненность очень высокого уровня	2×4	8	очень грязная
9	Устойчивая загрязненность низкого уровня	3×1	3	грязная
10	Устойчивая загрязненность среднего уровня	3×2	6	очень грязная
11	Устойчивая загрязненность высокого уровня	3×3	9	чрезвычайно грязная
12	Устойчивая загрязненность очень высокого уровня	3×4	12	чрезвычайно грязная
13	Характерная загрязненность низкого уровня	4×1	4	грязная
14	Характерная загрязненность среднего уровня	4×2	8	очень грязная
15	Характерная загрязненность высокого уровня	4×3	12	чрезвычайно грязная
16	Характерная загрязненность очень высокого уровня	4×4	16	чрезвычайно грязная

Из общего числа учтенных в оценке ингредиентов выбираются **критические показатели загрязненности воды (КПЗ)** по следующему условию: значение обобщенного оценочного балла равно 9 или более ($S_{ij} > 9$), т.е. случай, когда наблюдается устойчивая либо характерная загрязненность этим ингредиентом высокого или экстремально высокого уровня.

5 этап. Расчет комбинаторного индекса и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды.

Комбинаторный индекс загрязненности воды определяется как сумма обобщенных баллов (S_{ij}) по следующей формуле:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_j} S_{ij} \quad (3.59),$$

где S_j - комбинаторный индекс загрязненности воды в j -м створе;

N_j - число учитываемых в оценке ингредиентов.

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды определяется по следующей формуле:

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j} \quad (3.60),$$

где S'_j - удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в j -м створе; S_j - комбинаторный индекс загрязненности воды в j -м створе; N_j - число учитываемых в оценке ингредиентов.

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды также используется для оценки уровня загрязненности и является весьма удобной и показательной характеристикой. Его использование обязательно, если расчеты проводили по разному числу ингредиентов.

6 этап. Классификация качества воды по степени загрязненности. Классификация качества воды по степени загрязненности осуществляется с учетом следующих данных: комбинаторного индекса загрязненности воды, числа КПЗ воды (см. текст выше), коэффициента запаса, количества учтенных в оценке ингредиентов и показателей загрязненности.

Коэффициент запаса k рассчитывается по формуле:

$$k = 1 - 0,1 F \quad (3.61),$$

где F - число критических показателей загрязненности воды.

Коэффициент запаса k вводится далее в градации классов качества воды дополнительно к комбинаторному индексу загрязненности воды для ужесточения оценки в случае обнаружения концентраций, близких или достигающих уровней высокого или экстремально высокого загрязнения. Его значение уменьшается с увеличением числа КПЗ: от единицы при отсутствии КПЗ до 0,9 при одном КПЗ и т.д. Коэффициент запаса рассчитывается при $F \leq 5$.

Определение классов качества воды проводится на основе **произведения указанных величин** и последующего подбора соответствующей ему градации класса следующей классификации:

1-й класс -	$1 \cdot N_j \cdot k$	- условно чистая;
2-й класс	$-(1 \cdot N_j \cdot k; 2 \cdot N_j \cdot k]$	- слабо загрязненная;
3-й класс	$-(2 \cdot N_j \cdot k; 4 \cdot N_j \cdot k]$	- загрязненная;
разряд "а"	$-(2 \cdot N_j \cdot k; 3 \cdot N_j \cdot k]$	- загрязненная;
разряд "б"	$-(3 \cdot N_j \cdot k; 4 \cdot N_j \cdot k]$	- очень загрязненная;
4-й класс	$-(4 \cdot N_j \cdot k; 11 \cdot N_j \cdot k]$	- грязная;
разряд "а"	$-(4 \cdot N_j \cdot k; 6 \cdot N_j \cdot k]$	- грязная;
разряд "б"	$-(6 \cdot N_j \cdot k; 8 \cdot N_j \cdot k]$	- грязная;
разряд "в"	$-(8 \cdot N_j \cdot k; 10 \cdot N_j \cdot k]$	- очень грязная;
разряд "г"	$-(10 \cdot N_j \cdot k; 11 \cdot N_j \cdot k]$	- очень грязная;
5-й класс	$-(11 \cdot N_j \cdot k; \infty]$	- экстремально грязная.

Ниже, в табл.3.23, 3.24 приводятся классификации качества воды по значению КИЗВ, УКИЗВ.

В прил. 9 приведен пример расчета КИЗВ и УКИЗВ.

Область и условия применения метода

Комбинаторный индекс загрязненности может быть использован для оценки современного состояния водных объектов, а также для установления пространственной и временной динамики качества воды. Несмотря на значительную обработку материала, стоит отметить простоту расчетов и возможность использовать фактические данные Гидрометслужбы, характеризующиеся необходимой для расчетов полнотой и систематичностью.

В.И. Кичигин и Е.Д.Палагин [37] предлагают использовать этот индекс для предварительной оценки качества воды.

Таблица 3.23

**Классификация качества воды водотоков по значению комбинаторного индекса
загрязненности воды согласно обязательному Приложению И РД 52.24.643-2002 [69]**

Класс	Характеристика состояния загрязненности воды	Комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 ($k = 0,9$)	2 ($k = 0,8$)	3 ($k = 0,7$)	4 ($k = 0,6$)	5 ($k = 0,5$)
1-й	Условно чистая	$1N_j$	$0,9N_j$	$0,8N_j$	$0,7N_j$	$0,6N_j$	$0,5N_j$
2-й	Слабо загрязненная	$(1N_j; 2N_j]$	$(0,9N_j; 1,8N_j]$	$(0,8N_j; 1,6N_j]$	$(0,7N_j; 1,4N_j]$	$(0,6N_j; 1,2N_j]$	$(0,5N_j; 1,0N_j]$
3-й	Загрязненная	$(2N_j; 4N_j]$	$(1,8N_j; 3,6N_j]$	$(1,6N_j; 3,2N_j]$	$(1,4N_j; 2,8N_j]$	$(1,2N_j; 2,4N_j]$	$(1,0N_j; 2,0N_j]$
4-й	Грязная	$(4N_j; 11N_j]$	$(3,6N_j; 9,9N_j]$	$(3,2N_j; 8,8N_j]$	$(2,8N_j; 7,7N_j]$	$(2,4N_j; 6,6N_j]$	$(2,0N_j; 5,5N_j]$
5-й	Экстремально грязная	$(11 N_j; \infty]$	$(9,9 N_j; \infty]$	$(8,8 N_j; \infty]$	$(7,7 N_j; \infty]$	$(6,6 N_j; \infty]$	$(5,5 N_j; \infty]$

Таблица 3.24

**Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса
загрязненности воды согласно рекомендуемому
Приложению К РД 52.24.643-2002 [69]**

Класс и разряд	Характеристика состояния загрязненности воды	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 ($k = 0,9$)	2 ($k = 0,8$)	3 ($k = 0,7$)	4 ($k = 0,6$)	5 ($k = 0,5$)
1-й	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	Слабо загрязненная	(1; 2]	(0,9; 1,8]	(0,8; 1,6]	(0,7; 1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	Загрязненная	(2; 4]	(1,8; 3,6]	(1,6; 3,2]	(1,4; 2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд "а"	загрязненная	(2; 3]	(1,8; 2,7]	(1,6; 2,4]	(1,4; 2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд "б"	очень загрязненная	(3; 4]	(2,7; 3,6]	(2,4; 3,2]	(2,1; 2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	Грязная	(4; 11]	(3,6; 9,9]	(3,2; 8,8]	(2,8; 7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд "а"	грязная	(4; 6]	(3,6; 5,4]	(3,2; 4,8]	(2,8; 4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд "б"	грязная	(6; 8]	(5,4; 7,2]	(4,8; 6,4]	(4,2; 5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд "в"	очень грязная	(8; 10]	(7,2; 9,0]	(6,4; 8,0]	(5,6; 7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд "г"	очень грязная	(8; 11]	(9,0; 9,9]	(8,0; 8,8]	(7,0; 7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	Экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9; ∞]	(8,8; ∞]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]

Достоинством этого индекса загрязнения О.Ф.Балацкий с соавторами [2] считают то, что в унифицированную балльную шкалу переводятся не только величины кратности превышения ПДК, но и частоты превышения соответствующих ПДК. «Сумма полученных двух баллов дает единый балл для каждого вещества. В дальнейшем при вычислении среднего балла (индекса) для группы веществ более высокие единые баллы входят в сумму с большими весовыми коэффициентами, что препятствует сглаживанию значения индекса при осреднении» [2].

В случае, если интервал возможного изменения концентрации загрязнителя заключен между двумя фиксированными уровнями L_1 и L_2 в ходе построения агрегированного индекса [2] предлагается подобрать некоторую функцию $\psi(z)$, которая выполняла бы нелинейное экологическое преобразование линейно нормированных концентраций H_i :

$$H_i = \frac{C_i - (L_1)_i}{(L_2)_i - (L_1)_i} \quad (3.62),$$

$$(L_1)_i \leq C_i \leq (L_2)_i \quad (3.63),$$

где C_i – концентрация i -го ингредиента в воде; L_1 и L_2 – наименьший и наибольший фиксированные уровни загрязнения по i -му ингредиенту.

Однако, автор данного методического пособия ставит под сомнение существование самого **фиксированного уровня загрязнения природных вод**. В теоретическом плане он, конечно же, возможен, а вот в практическом, вряд-ли. Ведь даже если взять какую-либо условную речную систему без неорганизованных антропогенных источников загрязнения на водосборе (только фоновое загрязнение), или речную систему с фиксированным организованным сбросом сточных вод (фон+организованный сброс), то сам естественный гидрохимический фон от года к году не может быть постоянным (фиксированным) – могут быть маловодные года или, наоборот, года с редкими высокими паводками. В первом случае, вынос взвеси и органического вещества с водосбора будет намного меньше, нежели в случае с большим притоком поверхностного стока с водосбора.

3.2.2.11 Общий интегральный показатель загрязнения ($I_{интегр}$) **Т.И. Моисеенко** Данный показатель определяется сложением частных производных [50]:

$$I_{интегр} = I_{токс} + I_{эвт} + I_{ф-х} \quad (3.64),$$

где $I_{токс}$ – индекс токсикологический, $I_{эвт}$ – индекс эвтрофирования вод, $I_{ф-х}$ – индекс физико-химический.

Методика расчета интегрального показателя загрязнения ($I_{интегр}$):

1. Рассчитывается степень загрязнения токсическими веществами $I_{токс}$, как сумма превышений концентрации соответствующих элементов (C_i) к их предельно допустимым концентрациям (ПДК_{*i*}):

$$I_{токс} = \sum (C_i / ПДК_i) \dots (3.65)$$

Автор метода указывает, что такое суммирование может иметь место только для веществ и элементов с единым показателем вредности – токсикологическим.

2. Эвтрофирование вод ($I_{эвт}$) оценивается по степени превышения содержания фосфора над фоновыми значениями ($C_{фос.}$) с учетом трофического статуса водного объекта. Если зона загрязнения соответствует мезотрофному состоянию, значения увеличиваются вдвое, если эвтрофному – то втрое, как степень экологической опасности:

$$I_{эвт} = (C_{фос.} / C_{фон(фос.)} - 1) \times 2 \text{ (или 3)} \quad (3.66),$$

где $C_{фос.}$ и $C_{фон.фос.}$ – анализируемые и фоновые значения концентраций минерального фосфора, **2 (или 3)** – дополнительный коэффициент, зависящий от оценки состояния водоема (для мезотрофных водоемов = 2, а для эвтрофных = 3).

3. Для оценки изменений группы физико-химических показателей: солевой состав, содержание взвешенных веществ, мутность воды и др., кратность превышения концентраций относится не к ПДК, а к максимальным фоновым значениям:

$$I_{ф-х} = \sum (C_i / C_{фон.маxi} - 1) \quad (3.67).$$

4. Общий интегральный показатель загрязнения определяется по формуле (3.64), указанной выше:

$$I_{интегр} = I_{токс} + I_{эвт} + I_{ф-х}.$$

Область и условия применения метода

Показатель $I_{\text{интегр}}$ может использоваться для комплексной оценки экологического состояния водных объектов. Учет этим показателем эфтрофирования водного объекта делает его незаменимым при оценке качества воды водоемов с умеренным и замедленным водообменном в лесной зоне, для которых характерна повышенная трофность.

3.2.2.12 Интегральный показатель качества воды Γ и обобщенный показатель уровня загрязнения γ_i

Эти два показателя предложены **О.В.Тютковым** в 1985 году [77].

Интегральный показатель качества воды в целом по речному бассейну рассчитывается по формуле:

$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^m l_i \Gamma_i}{\sum_{i=1}^m l_i} \quad (3.68)$$

Интегральный показатель качества воды в отдельном створе наблюдения вычисляется как:

$$\Gamma_i = \sum_{r=1}^R \left(\sum_{j=1}^{N_r} \frac{G_{rji}}{\overline{G_{rji}}} - 1 \right) \quad (3.69)$$

Обобщенный показатель уровня загрязнения γ_i рассчитывается следующим образом:

$$\gamma_i = \sum_{r=1}^R \left(\sum_{j=1}^{N_r} \delta_{rji} - 1 \right) \quad (3.70),$$

где $r = 1, 2, \dots, R$ – группы загрязняющих веществ (по ЛПВ); $j = 1, 2, \dots, N_r$ – номер вещества внутри группы; i – номер створа; δ_{rji} – концентрация загрязнителя, выраженная в долях ПДК; G_{rji} – расход j -го загрязнителя в i -ом створе, $\overline{G_{rji}}$ – среднесуточный расход j -го загрязнителя в i -ом створе, m – группы створов наблюдения, участвующие в расчете показателя; l – расстояние между створами.

Методика расчета интегрального показателя качества воды (Γ):

1. По формуле 3.70 рассчитывается **обобщенный показатель уровня загрязнения** γ_i , который позволяет при необходимости сопоставлять качество вод в различных створах (i). Концентрация каждого загрязнителя (δ_{rji}), выраженная в долях ПДК, имеет значительные колебания в зависимости от водности. Умножая концентрации на расход, можно перейти от отношений концентраций к отношению расходов загрязнителей и, произведя осреднение по времени, - к расчетному показателю уровня загрязнения Γ_i .

2. Расчет Γ_i для отдельного створа выполняется по формуле 3.69:

$$\Gamma_i = \sum_{r=1}^R \left(\sum_{j=1}^{N_r} \frac{G_{rji}}{G_{rji}} - 1 \right)$$

3. При оценке качества воды в целом по какой-либо территории (речной бассейн, водохозяйственный участок) выполняется расчет интегрального показателя качества вод по району (бассейну), который учитывает, что влияние каждого створа проявляется на различной длине l_i реки (формула 3.68):

$$\Gamma = \sum_{i=1}^m l_i \Gamma_i / \sum_{i=1}^m l_i$$

4. Приоритет при расчетах данного показателя надо дать санитарно-гигиеническим нормативам для водных объектов рыбохозяйственного назначения.

Область и условия применения метода

Данные показатели Γ и Γ_i предназначены для **пространственной характеристики загрязненности** гидрологически изученных, незарегулированных водных объектов. Достоинством показателя Γ является возможность оценить качество воды в целом по речному бассейну (при наличии необходимого количества створов наблюдения) и оценка загрязнения речной воды с учетом водности реки.

3.2.2.13 Индекс *Iwq* (Water quality Index)

Индекс *Iwq* предложен Е.А. Шорниковой для рек с повышенным гидрохимическим фоном [85].

Расчет индекса состояния водоема *Iwq* осуществляется по формуле:

$$I_{wq} = \sum \alpha_j \frac{P_{sj} - P_{jcp}}{\sigma_j} \quad (3.71),$$

где *s* – контрольный створ; *j* – контролируемый показатель; P_{sj} – значение показателя *j* для контрольного створа *s*; P_{jcp} – среднее арифметическое показателя, рассчитанное для акватории всех исследованных водотоков; σ_j – стандартное отклонение параметра P_{sj} от среднего значения; α_j – доля параметра P_{sj} в индексе *Iwq*.

Методика расчета *Iwq*:

1. В расчет индекса включаются только те показатели, для которых соблюдается условие $P_{sj}/P_{jcp} > 1$.

2. При расчете α_j принимается $\sum \alpha_j = 1$.

3. По полученным значениям индексов состояния водные объекты могут быть отнесены к определенному классу качества воды:

$I_{wq} \leq 0,5$ – чистые (1-й класс); $0,5 \leq I_{wq} \leq 1,0$ – относительно чистые (2-й класс); $1,0 < I_{wq} \leq 1,5$ – умеренно загрязненные (3 класс); $1,5 < I_{wq} \leq 2,0$ – загрязненные (4-й класс); $I_{wq} > 2,0$ – сильно загрязненные (5-й класс).

Область и условия применения метода.

Индекс *Iwq* приоритетен для *пространственной оценки* качества водных объектов, характеризующихся *естественным повышенным содержанием некоторых ингредиентов* (как, например, высокое содержание в водных объектах таежной зоны органического вещества и некоторых металлов). Учет фона – несомненное достоинство этого комплексного показателя.

Использование данного индекса несколько осложняется необходимостью наличия длительного ряда наблюдений в интересующем створе наблюдения.

4. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД - РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ

Одной из главных причин ухудшения качества вод в последнее время признается несовершенство системы нормирования. В частности, в качестве критериев нормирования применяются одинаковые для всей территории России ПДК, которые зависят только от вида водопользования и не учитывают *региональных особенностей формирования природных вод*.

Для России с ее крайним разнообразием климатических, гидрологических условий, с ее резкими региональными различиями в типах водопользования, в степени и интенсивности хозяйственного освоения, это особенно актуально.

Региональные нормативы качества вод устанавливаются для водных объектов основных природно-климатических зон – тундры, тайги, смешанных лесов, лесостепей, полупустынь и пустынь по приоритетным показателям. Которые, в свою очередь, обусловлены природным гидрохимическим фоном и антропогенной нагрузкой.

На сегодняшний день утвержден только один региональный норматив - региональная ПДК бора для р. Рудной Приморского края.

На Объединенном Пленуме Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии по проблеме экологического нормирования и разработки системы оценки состояния водоемов (Москва, 2011) было предложено ввести *региональные нормативы качества вод или бассейновые допустимые концентрации (БДК)* [11].

Концепция регионального экологического 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;

- расчет региональных допустимых концентраций осуществляется на основе систематических наблюдений в различные гидрологические циклы.

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 природным гидрохимическим фоном (подобное характерно для водных объектов Удмуртии).

Установление региональных ПДК имеет как явные преимущества, так и видимые недостатки.

Во-первых, рассматривая крупные речные системы можно столкнуться с тем, что в верховьях и низовьях таких протяженных бассейнов будут значительно различаться как природные условия, так и химический состав воды. Что не дает возможности установления единых для всей реки региональных нормативов;

Во-вторых, стоит отметить длительность этой процедуры и ее дороговизну. Хотя, в этом аспекте кое-какие наработки в нашей стране уже имеются. Так, для водных объектов рыбохозяйственного назначения с выходом Методических указаний по разработке нормативов качества воды ... (Росрыболовство, 2009 г.) эта процедура установления таких ПДК может заметно упроститься и займет меньше времени;

В третьих, велика вероятность ненадежного обоснования «региональных» ПДК. При ошибке воспроизводимости определения ПДК, которая дает разброс в результатах в пределах 10-100 раз, попытки выявить какие бы то ни было «региональные эффекты» обречены на неудачу. Исключения возможны лишь в *районах биогеохимических провинций, где природные аномалии химического состава водных экосистем устойчивы* [61].

В последние годы, в связи с необходимостью расчета нормативов допустимого воздействия на водные объекты (см. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты за 2007 г. (в дальнейшем, Методические указания по разработке НДВВ) [46] и в связи с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов (см. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов за 2007 г.) [49] в официальной литературе появился термин *«целевые показатели качества воды»*. Об установлении целевых показателей качества воды в связи с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) упоминается и в ст. 33, 35 Водного кодекса Российской Федерации [10].

Использование целевых показателей качества воды вызвано необходимостью определения качества воды в тех водных объектах, «которые в результате человеческой деятельности подверглись физическим изменениям, приведшим к существенному изменению их основных характеристик (гидрологических, морфометрических, гидрохимических и др.), и восстановление исходного природного состояния которых невозможно...» (Методические указания по разработке НДВВ, 2007).

В этих же Методических указаниях приводятся следующие условия установления этих показателей качества вод: *«целевые показатели качества воды (ЦПКВ), характеризующие состав и концентрацию химических веществ, микроорганизмов и другие показатели качества воды в водных объектах, устанавливаются с учетом природных особенностей бассейна, условий целевого использования водных объектов, современного состояния водного объекта и должны поддерживаться в течение определенного временного интервала или быть достигнуты по завершении предусмотренных схемой комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) водоохранных и водохозяйственных мероприятий»*.

Указанные в нормативах условия, влияющие на ЦПКВ - природные особенности бассейна (какие именно?), современное

состояние водного объекта (критерии оценки этого состояния?) не совсем понятны. Неясным остается состав и значения этих показателей. Некоторое разъяснение по последнему вопросу содержит научная литература. Так, С.Д.Беляев в своей статье «Использование целевых показателей качества воды...» предлагает различать долгосрочные (со сроком достижения 15-25 лет) и краткосрочные (со сроком достижения 3 года) целевые показатели [4].

При этом долгосрочные **целевые показатели качества воды (ДЦП)** *«устанавливаются исходя из показателей состояния водного объекта того же типа, неподверженного (подверженного незначительно) антропогенной нагрузке, с учетом их достижимости в рамках сложившихся неустраняемых видов водопользования»* (Беляев, 2007, с.4-5). Из данного положения логично вытекает вопрос, а что представляют из себя эти «неустраняемые виды водопользования»? К сожалению, автор рассматриваемой статьи дает в данном случае довольно пространное пояснение: «к неустраняемым относятся такие виды водопользования, которые изменяют естественное состояние водного объекта, но отказ, от которых, приведет к неоправданным экономическим и (или) социальным издержкам. К неустраняемым видам водопользования не относится сброс загрязненных сточных вод в водные объекты» (Беляев, 2007. с.5). Анализируя все вышесказанного, остается только предполагать, что же относится к неустраняемым видам водопользования. Скорее всего, сюда относится безвозвратное водопотребление на нужды отраслей хозяйства (особенно, на орошение).

В список физико-химических ДЦП в качестве обязательных попадают рН, БПК, ХПК, биогены, тяжелые металлы и др. загрязняющие вещества, поступление которых в водные объекты связано с текущей (или планируемой) хозяйственной деятельностью. Причем, предпочтение отдается интегральным показателям качества воды. Порядок определения такого перечня ДЦП утверждается нормативным документом федерального уровня. В данном аспекте стоит отметить, что подобный нормативный документ пока отсутствует.

Значение ДЦП для веществ природного происхождения (что, особенно важно для водных объектов Удмуртии, где повышен гидрохимический фон по органике, тяжелым металлам), согласно С.Д.Беляеву, устанавливаются следующим образом:

1) на основе наблюдения за современным состоянием водного объекта-аналога в период отсутствия или незначительной антропогенной деятельности; 2) на основе ретроспективного анализа данных по водному объекту в период отсутствия или незначительного антропогенного воздействия; 3) на основе расчетов – определение регионального природного фона, либо на основании экспертных оценок (Беляев, 2007, с.5).

Опустим вопрос о критерии значительности и незначительности антропогенного воздействия (который на сегодняшний день также не имеет четкой формулировки) и подробнее остановимся на так интересующем нас региональном фоне. Посмотрим, что по этой тематике имеется в нормативной базе и все ли ясно по данному вопросу.

Делая небольшое отступление, хочется заметить, что в идеале, когда ведется речь о гидрохимическом фоне, имеется в виду естественный фон – фон, отражающий «качество водных масс речного потока, гидрохимический режим которого выше рассматриваемого створа не нарушен деятельностью человека» (Караушев, 1987, с.22). В данном случае подразумевается влияние природных, а не антропогенных факторов на формирование качества водных масс (что и подчеркивают приводимые ниже некоторые официальные источники). Другое дело, что речных бассейнов (или их участков), где бы сохранился естественный гидрохимический фон в России практически не осталось (особенно в пределах европейской части РФ). Подобные речные бассейны встречаются в труднодоступных и малонаселенных местностях, на значительном удалении от источников антропогенного воздействия и, потому, как правило, гидрохимически, не изучены. Чаще всего, говоря о гидрохимическом фоне, мы имеем дело с так называемым «измененным фоном», сформировавшимся в результате воздействия неорганизованных источников загрязнения, находящихся в бассейне реки

(обрабатываемые сельскохозяйственные угодья, осушительные и оросительные системы и т.д.) [44].

Нормативных документов РФ, где бы упоминалось о региональном подходе к оценке качества воды не слишком много. Одним из первых таких источников, оговаривающим необходимость учета повышенного гидрохимического фона и установления региональных нормативов, являются «Правила охраны поверхностных вод...» за 1991 г. [64], согласно которым «если в водном объекте *под воздействием природных факторов* по отдельным веществам превышает ПДК, то для этих водных объектовмогут устанавливаться региональные нормы качества воды в соответствии с естественными фоновыми концентрациями».

Данное положение Правил впоследствии очень точно отобразится в п.3.2.3 «Методических указаний по разработке нормативов предельно-допустимых сбросов...., 1999» [48]: «Если в водном объекте под воздействием природных факторов по отдельным веществам превышает ПДК, то для этих водных объектов могут разрабатываться региональные нормы качества воды... В качестве исходных данных о качестве воды могут быть использованы природные фоновые значения незагрязненных участков водных объектов, особо охраняемых водных объектов, водных объектов в пределах заповедников со сходными геолого-географическими условиями и фоновые материалы исследований прошлых лет» (Методические указания, 1999, с.5-6).

О необходимости учитывать региональный гидрохимический фон указывается в некоторых нормативных документах, вышедших в 2000-х годах. Так, в 2007 году выходят упоминаемые выше «Методические указания по разработке НДВВ» [46], где указывается необходимость установления нормативов ПДК химических веществ на основе параметров естественного регионального фона. Так, для веществ двойного генезиса (распространенных в природных водах, как по естественным причинам, так и в результате антропогенного воздействия), «нормативы качества воды могут приниматься равными нормативам предельно допустимых концентраций химических веществ, которые определяются с учетом

регионального естественного (условно-естественного) гидрохимического фона».

Приводимое в скобках уточнение «условно-естественного» свидетельствует о принятии во внимание возможного изменения гидрохимического фона в результате антропогенного воздействия, что вполне понятно, ведь речь идет о веществах двойного происхождения. Однако, приводимое в этих же Методических указаниях определение регионального фона, не совсем увязывается с этим, т.к. содержит упоминание только о природных факторах формирования качества воды.

При этом под **региональным фоном** в данном документе понимается **«значение показателей качества воды, сформировавшиеся под влиянием природных факторов, характерных для конкретного региона, не являющиеся вредным для сложившихся экологических систем.** Наличие экологического благополучия в водном объекте определяется на основе гидробиологических показателей. Для расчета регионального фона используются гидрохимические данные только по створам, расположенным на участках с подтвержденным экологическим благополучием».

Однако, ни для кого не секрет, что таких створов, где бы осуществлялся гидробиологический мониторинг, на реках РФ недостаточно, поэтому в данных Методических указаниях приводится следующее «при отсутствии мониторинга по гидробиологическим характеристикам указанные фоновые показатели или типовые показатели состояния принимаются по участкам с наименьшей антропогенной нагрузкой или могут быть организованы специальные натурные исследования для уточнения показателей качества воды и состояния экологических систем», что значительно упрощает учет региональных показателей состояния природных вод.

Норматив предельно допустимой концентрации (Сн) с учетом региональных особенностей определяется по формуле, аналогичной установлению фоновых концентраций химических веществ в водотоках:

$$C_n = C_{\phi} = C_{c\phi} + (S_{c\phi} * t_{st}) / \sqrt{n},$$

где $C_{c\phi}$ - средняя концентрация вещества;

$S_{c\phi}$ - среднее квадратическое отклонение концентрации;

t_{st} - коэффициент Стьюдента при $P=0,95$;

n - число данных по ингредиенту.

Как видим, при расчетах фоновой концентрации примесей в природных водах задействованы стандартное отклонение, критерий Стьюдента, т.е. статистические показатели, рассчитываемые в случае имеющегося длительного ряда наблюдений на интересующем нас водном объекте или его аналоге. Однако, таких изученных водных объектов в России не просто недостаточно, их ничтожно мало, что говорит об острой необходимости скорого проведения исследований по оценке регионального гидрохимического фона.

Кроме того, анализ официальных источников по вопросу комплексной оценки качества природных вод выявил отсутствие единого подхода по этой проблеме у разных ведомств и некоторую неточность в части определения основных терминов «фоновые или типовые показатели», «региональный гидрохимический фон», «целевые показатели качества воды». Без методической проработки данного вопроса практическая работа в этой области невозможна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день в водной среде нормируется содержание более 1300 химических соединений. И их количество будет постоянно расти. Анализ такого большого числа загрязняющих веществ безусловно не возможен: он трудоемок, дорогостоящ и длителен.

Поэтому особую значимость приобретают методы интегральной оценки качества воды.

Обобщенная оценка качества природных вод оказывается более востребованной по сравнению с оценкой отдельными упрощенными статистическими показателями (не уменьшая важности таковых). В основном это определяется множественностью источников загрязнения водных объектов, зачастую рассредоточенных в пространстве, комплексным характером загрязнения и, как следствие необходимостью контролировать большее количество водных объектов.

Так, согласно Обзору состояния и загрязнения окружающей среды...[57] наблюдениями за загрязнением поверхностных вод территории РФ по гидрохимическим показателям охвачены **1187 водных объектов**, на которых находится **1829 гидропостов (2506 створов наблюдения)**. И это еще не предел.

Как следует Из Федеральной целевой программы (далее, ФЦП) «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [78] количество модернизированных и вновь открытых гидропостов и лабораторий, входящих в состав государственной наблюдательной сети, за период с 2012 по 2020 год, должно составить 3600. Таким образом, несмотря на негативную тенденцию сворачивания сети гидрохимического мониторинга, наблюдаемую со второй половины 90-х годов в нашей стране, намечаются положительные сдвиги в развитии сети наблюдения. Однако, чем шире наблюдательная сеть, тем больше и активнее информационный поток, поступающий от местных и территориальных подразделений на уровень Росгидромета и его головных институтов. Из этого вытекает

необходимость быстрой и точной оценки качества природных вод на этом уровне, т.е. в целом по РФ.

Кроме того, уже давно назрела необходимость разработки региональных нормативов содержания загрязняющих веществ (особенно, для водных объектов рыбохозяйственного назначения представляющих большинство). В таком случае имеется возможность учитывать повышенный гидрохимический фон. Такое «сглаживание» регионального фактора, по мнению автора данного пособия, может способствовать выбору того или иного способа оценивания качества воды для общего применения. Хотя, не вызывает сомнения тот факт, что каждая экосистема по-своему уникальна и во многих государствах (Великобритания, Норвегия, Канада) считается целесообразной разработка нормативов для каждого водного объекта в целом [8]. Однако при этом теряется возможность при необходимости сравнивать качество таких водных объектов между собой.

Исследуя характер загрязненности поверхностных вод Удмуртии [15] перспективным в области оценки качества воды на сегодняшний день является:

- определение набора параметров (оценок) для водоемов, отличающихся антропогенной нагрузкой. Нет, например, смысла, вводить блок токсикологических исследований для водных объектов, не попадающих под прямое воздействие источников токсикантов;

- при оценке качества воды учитывать случаи естественного повышенного гидрохимического фона. Так, для поверхностных вод Удмуртии характерно превышение санитарно-гигиенических нормативов для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию железа общего, меди, марганца, биологически разложимых органических соединений. Используя существующие нормативы по данным ингредиентам, возникает вопрос, относить ли данные параметры к лимитирующим показателям и учитывать ли их при оценке качества воды. Вопрос не так прост, как кажется. С одной стороны, данные показатели в сравнении с нормативными значениями, действительно формируют определенный уровень загрязненности водного объекта (т.е. являются

лимитирующими); с другой стороны – водная экосистема, испытывающая постоянное повышенное содержание какого-либо ингредиента, становится устойчивой по отношению к нему, в таком случае данные параметры можно не учитывать, отдав предпочтение антропогенным загрязнителям (например, азот аммонийный, фенолы, тяжелые металлы).

Такие региональные показатели качества воды очень верно Т.В.Гусева с соавторами [23] назвали маркерными показателями, за их отражение существенных природных и антропогенных процессов, влияющих на качество воды. Для водотоков таежной зоны (с высокой заболоченностью, залесенностью водосборов), как в случае с Удмуртией, неприемлем подход, когда в основу индексов качества воды положены нормативы ПДК, т.к. природный фон по некоторым показателям химического состава многократно превышает ПДК.

Так, для поверхностных вод Удмуртии характерно превышение санитарно-гигиенических нормативов для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию железа общего (повторяемость случаев превышения ПДК от 62% до 81%), меди (повторяемость случаев превышения ПДК от 69% до 78%) [15].

Установление маркерных показателей качества воды и создание комплексного показателя, учитывающего повышенный гидрохимический фон поверхностных вод Удмуртии, является одним из наиболее приоритетных направлений в гидрохимических исследованиях нашего региона.

Учет регионального гидрохимического фона при нормировании качества природных вод нашел некоторое отражение в термине «целевые показатели качества воды». Этот термин упоминается в Методических указаниях по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов [49].

Об установлении целевых показателей качества воды в связи с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) упоминается и в ст. 33, 35 Водного кодекса Российской Федерации [10].

Данные целевые показатели качества воды формируются с учетом природных особенностей бассейна, условий

использования водных объектов, современного состояния водного объекта и должны поддерживаться в течение определенного временного интервала или быть достигнуты по завершении предусмотренных СКИОВО водоохранных и водохозяйственных мероприятий.

Возможность проследить за формированием целевых показателей качества воды для вод нашего региона не так давно появилась, поскольку проект **СКИОВО бассейна р. Кама** уже разработан и находится на государственной экологической экспертизе в Департаменте Росприроднадзора по Приволжскому федеральному округу. Нам остается только ждать реализации предусмотренных СКИОВО водоохранных мероприятий и достижения с учетом всех выше перечисленных факторов целевых показателей качества воды с учетом регионального гидрохимического фона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абакумов В.А., Сущеня Л.М. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования [Текст] // Экологические модификации и критерии экологического нормирования, Л.: Гидрометеоздат. – 1991. – 312 с.
2. Балацкий, О.Ф. Экономика и качество окружающей природной среды [Текст] / О.Ф. Балацкий, Л.Г. Мельник, А.Ф. Яковлев. - Л.: Гидрометеоздат. - 1984. - 190 с.
3. **Белогуров, В.П. Применение обобщенных показателей для оценки уровня загрязненности водных объектов [Текст] / В.П.Белогуров, В.Р. Лозанский, С.А. Песина // Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеоздат. - 1984. – С. 33-43.**
4. Беляев, С.Д. Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности [Текст] / С.Д. Беляев // Водное хозяйство России. – 2007. - №3. - С.3-17.
5. Бердавцева, Л.Б. Анализ гидрохимических данных для оценки состояния и качества речных вод [Текст] / Л.Б. Бердавцева, А.В. Леонов // Водные ресурсы. – 1992. - № 5. - С. 95 – 109.
6. Былинкина, А.А. О приемах графического изображения аналитических данных о состоянии водоема [Текст] / А.А. Былинкина, С.М. Драчев, А.И. Ицкова // Материалы XVI гидрохимического совещания. Гидрохим. инст. АН СССР.- Новочеркасск, 1962. - С. 8–15.
7. Васнев, С.А. Статистика: Учебное пособие [Текст] / С.А.Васнев. – М.: МГУП. - 2001. - 170 с.
8. **Верниченко, А.А. Классификации поверхностных вод, основывающиеся на оценке их качественного состояния [Текст] /А.А.Верниченко // Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеоздат. - 1984. – С. 14-43.**
9. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс] / утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р (с изменениями от 28 декабря 2010 г.). – Электрон дан. – Режим доступа: <http://правительство.рф/gov/results/7729>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
10. **Водный кодекс РФ от 3 июня 2006 г. №74-ФЗ.**
11. Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов [Текст] / Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной

ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / отв. ред.: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – 196 с.

12. Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) [Текст] / Е.Л. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарафонов. - Екатеринбург: УИФ «Наука». 1994. - 280 с.

13. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям, введены в действие указанием Госкомгидромета №250-1163 от 22.09.86.

14. Гагарина, О.В. Обзор методов комплексной оценки качества поверхностных вод [Текст] / О.В. Гагарина // Вестник Удмуртского университета. - 2005. - №11. - С. 45-58.

15. Гагарина, О.В. Анализ временной динамики и пространственной изменчивости качества поверхностных вод Удмуртии [Текст] / О.В.Гагарина // Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук, Ижевск. – 2007. - 238 с.

16. Гелашвили, Д.Б. Интегральная оценка экологического состояния водных объектов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям [Текст] / Д.Б. Гелашвили [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2002. - №2. - С.270-275.

17. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03"Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования". Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003 №78, введ. 15.07.2003. М.: Минздрав РФ, 1998. 77 с.

18. Гольд, З.Г Оценка качества вод по химическим и биологическим показателям: пример классификации показателей для водной системы руч. Черемушный-Енисей [Текст] / З.Г. Гольд [и др.] // Водные ресурсы. - 2003.- Том 30. - №3. - С. 335-345.

19. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

20. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.

21. ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85) Качество вод. Термины и определения.

22. Гурарий, В.И. Численные оценки качества воды [Текст] / В.И.Гурарий, А.С. Шайн // Проблемы охраны вод. Харьков: ВНИИВО. - 1974. - Выпуск V. - С 136-140.

23. Гусева, Т.В. Маркерные показатели оценки состояния водных объектов при малой антропогенной нагрузке (на примере р.Пра) [Текст] / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.В. Венецианов. // Водные ресурсы. – 2001. – Том 28. - № 4. - С. 505 – 509.
24. Драчев, С.М. Борьба с загрязнением рек, озер, водохранилищ промышленными и бытовыми стоками [Текст] / С.М. Драчев. - М.;Л.:Наука. - 1964. - 275 с.
26. Евдокимов, С.А. Обобщающие показатели качества поверхностных вод [Текст] / С.А. Евдокимов // Водные ресурсы, №2, 1990. С. 109-115.
27. Емельянова, В.П. К методике расчета индекса качества воды [Текст] / В.П.Емельянова, Г.Н.Данилова // Вопросы методологии гидрохимических исследований в условиях антропогенного влияния: Материалы XXVII Всесоюзного гидрохимического совещания, 11-13 мая, 1978. – С. 83-84.
28. Емельянова, В.П. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям [Текст] / В.П.Емельянова, Г.Н. Данилова, Т.Х. Колесникова. // Гидрохимические материалы. Л.:Гидрометеиздат. – 1983. - Т.88. С.119-129.
29. Емельянова, В.П. Об использовании общесанитарного индекса для оценки качества воды [Текст] / В.П.Емельянова, Г.Н. Данилова, И.Д.Родзиллер. Гидрохимические материалы. Л.: Гидрометеиздат. – 1980. - Том LXXVII. - С.88-96.
30. Ежегодник качества поверхностных вод суши на территории деятельности СЗУГКС Госкомгидромета (Ленинградской, Псковской, Новгородской, Калининской, Смоленской областей и Карельской АССР) за 1987 год. Л.: Гидрометеиздат. - 1988.
31. Жукинский, В.Н. Критерии комплексной оценки качества поверхностных вод [Текст] / В.Н.Жукинский, О.П. Окснюк, Г.Н. Олейник, С.И. Кошелева // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. М.:Наука. - 1980. - С. 57-63.
32. Игнатов, А.В. Индексы и классификация качества воды при определении дифференцированной платы за водопользование [Текст] / А.В.Игнатов, В.В. Кравченко, В.Н. Федоров // География и природные ресурсы. – 2002. - №2. - С.127-132.
33. Исаев, В.С. Методика прогнозной оценки загрязнения открытых водоисточников аварийно химически опасными веществами в чрезвычайных ситуациях [Текст]/В.С.Исаев [и др]. - М: Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 1997. – 37с.

34. Калинин, В.М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия (на примере Восточного Зауралья) [Текст] / В.М. Калинин, С.И. Ларин, И.М. Романова. - Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета. 1998. - 220 с.
- 35. Караушев, А.В. Вопросы практического использования интегральных показателей для оценки качества воды и состояния загрязненности водных объектов [Текст] / А.В. Караушев, Б.Г. Скакальский // Вопросы методологии гидрохимических исследований в условиях антропогенного влияния: Материалы XXVII Всесоюзного гидрохимического совещания, 11-13 мая, 1978.**
36. Кимстач, В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества [Текст] / В.А. Кимстач. - СПб.: Гидрометеиздат. - 1993. - 48 с.
37. Кичигин, В.И. Комплексная оценка качества природных вод / В.И. Кичигин, Е.Д. Палагин. // Водоснабжение и санитарная техника. - 2005. - №7. - С. 11-15.
38. Клейн, М.В. Некоторые проблемы методического и метрологического обеспечения контроля качества водных ресурсов [Текст] / М.В. Клейн // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследования: труды Всероссийской научной конференции с международным участием к 70-летию географического и 20-летию экологического факультетов Казанского государственного университета / Казан. гос. ун-т. - Казань, 2009. - Том IV «Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие. Образование для устойчивого развития». - С. 121-124.
- 39. Кравец, Е.А. Обобщение и представление информации о загрязнении поверхностных вод. Действующая практика и инновационные подходы [Текст] / Е.А. Кравец // Экология и промышленность России. - сентябрь 2007. - С. 50-53.**
40. Кудерский, Л.А. Естественные и техногенные водные экосистемы: проблема их устойчивости [Текст] / Л.А. Кудерский // Региональная экология. - №96. - С.31-35.
41. Левич, А.П. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга [Текст] / А.П. Левич, Н.Г. Булгаков, В.Н. Максимов. - М.: НИИ-Природа. - 2004. - 271 с.
- 42. Лозанский, В.Р. Проблема комплексных оценок качества поверхностных вод и пути ее решения [Текст] / В.Р. Лозанский // Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеиздат. - 1984. - С. 6-13.**

43. Марголина, С.М. О количественной оценке степени загрязнения водоемов токсическими веществами [Текст] / С.М. Марголина, Г.М. Рохлин // Управление природной средой (социально-экономические и естественнонаучные аспекты). - М.: Наука. - 1979. - 152 с.
- 44. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод [Текст] / Под ред. А.В. Караушева. Л.: Гидрометеиздат. - 1981. - 176 с.**
45. Методические указания «По гигиенической оценке малых рек и санитарному контролю за мероприятиями по их охране в местах водопользования» №3180-84.
46. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты (утверждены приказом МПР России от 12.12.2007 №328).
47. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения (утверждены Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 №695).
48. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты (уточненная редакция) (утверждены МПР России 23.09.1999).
49. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. Утверждены приказом МПР России от 4 июля 2007 года N 169.
- 50. Моисеенко, Т.И. Методология оценки качества вод с позиций экологической парадигмы [Текст] / Т.И. Моисеенко // Известия РАН. Серия географическая. - 2009. - №1. - С.23-35.**
- 51. Молчанова, Я.П. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы [Текст] / Я.П. Молчанова [и др.] // под ред. Т.В. Гусевой. - М.: Издательство «ФОРУМ-ИНФРА-М». - 2011. - 190 с.**
- 52. Мороков, В.В. Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения [Текст] / В.В. Мороков. - Л.: Гидрометеиздат. - 1987. - 286 с.**
53. Мусихина, Т.А. Недостатки нормативов для оценки качества водных объектов по химическим показателям [Текст] / Т.А. Мусихина, Л.М. Черезова // Использование и охрана водных ресурсов. - 2009. - №3. - С. 17-19.
- 54. Никаноров, А.М. Научные основы мониторинга качества вод [Текст] / А.М. Никаноров. - СПб: Гидрометеиздат. - 2005. - 575 с.**

- 55. Никаноров, А.М. Антропогенно-измененный природный фон и его формирование в пресноводных экосистемах России [Текст] / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалов, Г.М. Черногаева // Метеорология и гидрология. – 2007. - №11. - С.62-79.**
56. Новиков, Ю.В. Использование комплексных показателей при разработке гигиенической классификации водоемов по степени их загрязнения [Текст] / Ю.В. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. – 1984. - №6. - С.11-13.
57. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2011 год / Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Росгидромет. М. - 2012. - 256 с.
58. Оболдина, Г.А. Проблемы мониторинга водных объектов [Текст] / Г.А. Оболдина, Е.А. Поздина // Водное хозяйство России. – 2009. - №5. – С. 4-16.
59. Павелко, В.Л. Пути совершенствования методов расчета оценок качества вод [Текст] / В.Л. Павелко // Гидрохимические материалы. - Л.: Гидрометеиздат. - 1981. – Том 78. - С. 32-41.
60. Павелко, В.Л. Изменчивость гидрохимических полей водотоков [Текст] / В.Л. Павелко // Гидрохимические материалы. Том 78. Л.: Гидрометеиздат. - 1981. – Том 78. - С. 42-47.
61. Патин, С.А. Мифы и реалии эколого-рыбохозяйственного нормирования качества водной среды [Текст] / С.А. Патин // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов: материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / отв. ред.: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – С. 151-155.
- 62. Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Текст] / Приказ Росрыболовства от 18 января 2010 г. №30 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.**
- 63. Постановление Правительства РФ №1092 от 22 декабря 2010 г. «О Федеральной целевой программе «Чистая вода» на 2011-2017 годы».**

- 64. Правила охраны поверхностных вод. Типовые положения (утверждены Госкомприроды СССР 21 февраля 1991 г.).**
65. Разгулин, С.М. Азот и фосфор в воде притоков Рыбинского водохранилища [Текст] / С.М. Разгулин // Водные ресурсы. - 1991. - №2. - С.98-103.
- 66. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник [Текст] / Н.Ф. Реймерс. - М.:Мысль. - 1990. - 637 с.**
67. Родзиллер, И.Д. Прогноз качества воды водоемов – приемников сточных вод [Текст] / И.Д. Родзиллер. - М.: Стройиздат. - 1984. – 263 с.
68. Розенберг, Г.С. Опыт экологического нормирования антропогенного воздействия на качество воды (на примере водохранилищ средней и нижней Волги [Текст] / Г.С. Розенберг, И.А.Евланов, В.А. Селезнев, А.К. Минеев, А.В. Селезнева, В.К.Шитиков // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов: Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / отв. ред.: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – С. 5-29.
69. Руководящий документ 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям».
- 70. СанПиН №4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения».**
- 71. СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод".**
- 72. СанПиН 2.1.4.1074-01"Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».**
73. Соколова, С.А. Актуальные проблемы экологического нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов [Текст] / С.А. Соколова // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов: материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / отв. ред.: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – С. 56-68.

74. Справочник по гидрохимии [Текст] / под ред. А.М.Никанорова. - Л.:Гидрометеиздат. - 1989. - 391 с.
75. Тарасов, М.Н. Вопросы исследования и прогнозирования загрязненности рек [Текст] / М.Н. Тарасов [и др.]: Труды ТХИ. - 1977. - Том 67.
76. Тенденции и динамика загрязненности природной среды РФ на рубеже XX-XXI веков [Текст] / под ред. Ю.А.Израэля. - М.:Росгидромет. - 2007. - 65 с.
77. Тютков, О.В. Оптимизация планирования водного хозяйства промышленных районов / О.В. Тютков. - М.: Наука. - 1985. - 125 с.
78. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. №350.
79. Фомин, Г.С. ВОДА. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Г.С. Фомин. – М.: Издательство «Протектор». - 2000. – 848 с.
80. Хромченко, Я.Л. Разработка Единого перечня нормируемых химических веществ в водных средах [Текст] / Я.Л. Хромченко // Чистая вода: проблемы и решения. - 2010. - №1. – С. 68-71.
81. Хублярян, М.Г. Качество вод [Текст] / М.Г. Хублярян, Т.И.Моисеенко // Вестник РАН. – 2009. - Том 79. - №5. - С.403-410.
82. Циркунов, В.В. Некоторые способы оценки антропогенного изменения ионного состава воды рек [Текст] / В.В. Циркунов // Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеиздат. - 1984. - С 102-109.
83. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации [Текст] / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
84. Шлычков, А.П. Использование коэффициента стока загрязняющих веществ для оценки состояния рек [Текст] / А.П. Шлычков, Г.Н.Жданова, О.Г. Яковлева // Мониторинг. - 1996. - №2. - С 23-27.
85. Шорникова, Е.А. Интегральная оценка состояния экосистем водотоков по гидрохимическим показателям (на примере Среднего Приобья) [Текст] / Е.А. Шорникова // География и природные ресурсы. - 2009. - №1. - С.38-45.
86. Claude E.Boyd Water quality An Introduction. KLUWER ACADEMIC Publishers. Boston [Текст] /Dordrecht/London, 2000, 330 p.
87. Brown R.M. A water quality index – do we dare? [Текст] / R.M Brown, N.J. McLelland, R.A. Deininger, R.Z Fozzer // Water and Sewage Works. 1970.

88. Hines W.G. Formulation and use of practional models for river quality assessment [Техт] / W.G. Hanes, D.A.Rickert, S.Mckenric, I.P.Bennet. J. Water Pollution Control Federation, 1975, v. 47, № 10, p. 2357-2370.

Примечание.* Издания, содержащие базовые понятия, нормативы и классификации, а также издания, раскрывающие основные проблемы по данной тематике, выделены жирным шрифтом.

Приложение 1 (информационное)

Перечень стандартов качества и контроля качества природной воды и воды для питьевых, хозяйственно-бытовых и производственных нужд

Шифр документа	Наименование	Субъект утверждения норматива, год утверждения, время начала действия норматива
1	2	3
Основы водного законодательства. Термины		
1. № 167-ФЗ от 16.11.1995 г. №86-ФЗ от 30.06.2003 г. №74 от 03.06.2006 г.	Водный кодекс Российской Федерации	Федеральное собрание РФ. 1995, 2003, 2006 гг.
2. №118-ФЗ от 14.07.2008 г.	О внесении изменений в водный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации	Федеральное собрание РФ. 2008
3. №7-ФЗ от 10.01.2002 г. (вместо Закона РСФСР от 19.12.1991 и 21.02.1992 г.)	Закон РФ «Об охране окружающей среды»	Федеральное собрание РФ. 2002 г.
4. №52 – ФЗ от 30.03.1999 г.	Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»	Федеральное собрание РФ. 1999 г.

1	2	3
<p>5. № 29-ФЗ от 02.01.2000 г. № 987 от 21.12.2000 г.</p>	<p>Закон РФ «О качестве и безопасности пищевых продуктов». Постановление «О государственном надзоре и контроле в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов»</p>	<p>Федеральное собрание РФ. 2000 г. Правительство РФ. 2000 г.</p>
<p>6. № 52-ФЗ от 05.04.2011 (ред. ФЗ от 03.03.1995 N 27-ФЗ, от 10.02.1999 N 32-ФЗ, от 02.01.2000 N 20-ФЗ, от 14.05.2001 N 52-ФЗ, от 08.08.2001 N 126-ФЗ, от 29.05.2002 N 57-ФЗ, от 06.06.2003 N 65-ФЗ, от 29.06.2004 N 58-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 15.04.2006 N 49-ФЗ, от 25.10.2006 N 173-ФЗ, от 26.06.2007 N 118-ФЗ, от 01.12.2007 N 295-ФЗ, от 29.04.2008 N 58-ФЗ, от 14.07.2008 N 118-ФЗ, от 18.07.2008 N 120-ФЗ, от 23.07.2008 N 160-ФЗ, от 30.12.2008 N 309-ФЗ, от 17.07.2009 N 164-ФЗ, от 27.12.2009 N 374-ФЗ, от 19.05.2010 N 89-ФЗ, от 26.07.2010 N 186-ФЗ, от 05.04.2011 N 45-ФЗ)</p>	<p>Закон РФ «О недрах»</p>	<p>Федеральное собрание РФ. 1995, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 гг.</p>

1	2	3
7. № 416 – ФЗ от 07.12. 2011 г.	Закон РФ «О водоснабжении и водоотведении»	Федеральное собрание РФ. 2011 г.
8. № 417 – ФЗ от 07.12.2011 г.	Закон РФ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»»	Федеральное собрание РФ. 2011 г.
9. ГОСТ 12.0.002-80 (вместо ГОСТа 12.0.002-74)	ССБТ (Система стандартов безопасности в технике). Термины и определения	Госстандарт СССР. 1979, 1991 гг.
10. ГОСТ 17.0.0.01-76 (СТ СЭВ 1364-78)	Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения	Госстандарт СССР. 1978, 1979, 1987 гг.
11. ГОСТ 17403-72	Гидрохимия. Основные понятия. Термины и определения	Госстандарт СССР. 1971 г.
12. ГОСТ 19179-73	Гидрология суши. Термины и определения	Госстандарт СССР. 1973 г.
13. ГОСТ 17.1.1.01-77 (СТ СЭВ 3544-82)	Охрана природы. Гидросфера. Основные термины и определения	Госстандарт СССР. 1977, 1983, 1987 гг. С 01.07.1978 г.
14. ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85)	Качество вод. Термины и определения	Госстандарт СССР. 1986 г. С 01.01.1987 г.
15. ГОСТ 25150-82 (СТ СЭВ 2085-80)	Канализация. Термины и определения	Госстандарт СССР. 1982 г. С 01.07.1983 г.
16. ГОСТ 25151-82 (СТ СЭВ 2086-80)	Водоснабжение. Термины и определения	Госстандарт СССР. 1982 г. С 01.07.1983 г.

1	2	3
17. ГОСТ 30813-2002	Вода и водоподготовка. Термины и определения	Госстандарт России. 2002 г. С 01.01.2004 г.
18. ГОСТ 26966-86	Установки водозаборные, водосбросные и затворы. Термины и определения	Госстандарт СССР. 1986 г.
Классификации водопользования. Требования к качеству воды и охране природных вод. Требования к контролю качества воды		
19. ГОСТ 17.1.1.02-77	Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов	Госстандарт СССР. 1977, 1988 гг.
20. ГОСТ 17.1.1.03-86 (вместо ГОСТа 17.1.1.03-78)	Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований	Госстандарт СССР. 1986 г.
21. ГОСТ 17.1.1.04-80	Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования	Госстандарт СССР. 1980 г.
22. ОСТ 41.05-263-86	Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре	Министерство геологии СССР. 1986 г.
23. СП 3.4.1328-2003	Санитарная охрана территорий Российской Федерации	Минздрав РФ. №108 от 30.05.2003 г.
24. СанПиН 42-128-4690-88	Санитарные правила содержания территорий населенных мест	Минздрав России. 1988 г.
25. ГОСТ 17.1.2.04-77	Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов	Госстандарт СССР. 1977, 1986 гг. (действует только на территории РФ)

1	2	3
26. СанПиН 2.1.2.1002-00 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 (вместо СанПиН 2.2.1/ 2.1.1-984-00 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96)	Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов	Минздрав России. 2000, 2001 гг.
27. СанПиН 2.1.4.1110-02 (вместо СанПиН 2.1.4.027-95)	Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения	Минздрав России. 2002 г.
28. СанПиН 2.1.4.1175-02 (вместо СанПиН 2.1.4.544-96)	Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников	Минздрав России. 2002 г.
29. ГОСТ 2761-84 (вместо ГОСТа 17.1.3.03-77)	Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора	Госстандарт СССР. 1984, 1988 гг. С 01.01.1986 г.
30. ГОСТ 17.4.3.04-85	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к контролю и охране от загрязнения	Госстандарт СССР. 1985 г. (действует только на территории РФ)
31. ГОСТ 17.1.3.13-86	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения	Госстандарт СССР. 1986 г. С 01.07.1986 г.
32. ГОСТ 17.1.3.06-82	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод от загрязнения	Госстандарт СССР. 1982 г. С 01.01.1983 г.

1	2	3
33. МУ 4100-86	Методические рекомендации по использованию каналов оросительно-обводнительных систем в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения	Минздрав СССР. 1986 г.
34. СП 1974 - 79	Санитарные правила по устройству и эксплуатации водозаборов с системами искусственного пополнения подземных вод хозяйственно-питьевого назначения	Минздрав СССР. 1979 г.
35. МУ 3180-84	Методические указания по гигиенической оценке малых рек и санитарному контролю за мероприятиями по их охране в пунктах водопользования	Минздрав СССР. 1984 г.
36. СанПиН 2.1.5.980-00 (вместо СанПиН № 4630-88)	Гигиенические требования к охране поверхностных вод	Минздрав России. 2000. С 2001 г.
37. СП 2.1.5.1059-01	Гигиенические требования к охране подземных вод	Минздрав России. 2001 г.
38. – (вместо Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. 1975 г.	Правила охраны поверхностных вод. Типовые положения	Госкомприроды СССР. 1991 г.
39. -	Положение об охране подземных вод	Роскомнедра. 1994 г.
40. ГОСТ 17.1.3.04-82	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения пестицидами	Госстандарт СССР. 1982 г.

1	2	3
41. ГОСТ 17.1.3.05-99 (вместо ГОСТа 17.1.3.05-82)	Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения при хранении нефти и нефтепродуктов	Госстандарт СССР. 1999 г.
42. ГОСТ 17.1.3.10-83	Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами при транспортировании по трубопроводу	Госстандарт СССР. 1983 г.
43. ГОСТ 17.1.3.11-84	Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения минеральными удобрениями	Госстандарт СССР. 1984 г. С 1985 г.
44. ГОСТ 17.1.3.12-86	Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения при бурении и добычи нефти и газа на суше	Госстандарт СССР. 1986 г. С 01.07.1987 г.
45. ГОСТ 17.1.3.02-77	Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны от загрязнений при бурении и освоении морских скважин на нефть и газ	Госстандарт СССР. 1977 г.
46. ГОСТ 17.1.2.03-90 (СТ СЭВ 6457-88)	Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения	Госстандарт СССР. 1990 г. С 01.07.1991 г.
47. ГОСТ 17.4.3.07-2001 (вместо 17.4.3.05-86 СТ СЭВ 5297-85)	Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений	Госстандарт России. 2001 г.

1	2	3
48. СанПиН 2.1.7.573-96	Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения	Минздрав России. 1997 г.
49. ПР-152-002-95	Правила предотвращения загрязнения внутренних водных путей сточными и нефтесодержащими водами с судов	Минречфлот РСФСР. Госкомсанэпиднадзор РФ. 1995 г.
50. ГОСТ 17.1.3.01-76	Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны водных объектов при лесосплаве	Госстандарт СССР. 1976 г.
51. -	Правила охраны от загрязнения прибрежных зон морей	Минводхоз СССР. 1987 г.
52. ГОСТ 17.1.5.02-80	Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов	Госстандарт СССР. 1980 г. С 01.07.1982 г.
53. СанПиН №4631-88	Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод и морей от загрязнения в местах водопользования населения	Минздрав СССР. 1988 г. С 01.01.1989 г.
54. ГОСТ Р 17.0.0.06-2000	Охрана природы. Экологический паспорт природопользования. Основные положения. Типовые формы	Госстандарт России. 2000 г.
55. СП № 1974-79	Санитарные правила по устройству и эксплуатации водозаборов с системой искусственного пополнения подземных вод хозяйственно-питьевого назначения	Минздрав СССР. 1979 г.

1	2	3
56. СП 1.1.5.1058-01	Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемиологических (профилактических) мероприятий	Минздрав России. 2001 г.
57. СП 2.1.4.1075-01	Зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения г.Москвы	Минздрав России. 2001 г. С 01.04.2002 г.
58. МДС 40-1.2000 № 17-94 от 11.08.1995 г., №167 от 12.02. 1999 г.	Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации	Минстрой России. 1995 г. Госстрой России. 1999, 2000 г.
59. №164 от 30.03.1977 г.	Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест	Минжидкоммунхоз РСФСР. 1977 г. Минстрой СССР. 1979 г.
60. МДК 3-02.2001 (168 от 30.12.1999 г.)	Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации	Госстрой России. 1999 г.
61. СанПиН 2.3.2.1078-2001 (вместо СанПиН 2.3.2.560-96)	Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов	Минздрав России. С 01.07.2002 г.
62. ГОСТ 22.6.01-97; ГОСТ Р 22.6.01-95	Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования	Госстандарт России. 1995, 1997 гг.
63. ГОСТ 22.6.02-97; ГОСТ Р 22.6.02-95	Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мобильные средства очистки поверхностных вод. Общие технические требования	Госстандарт России. 1995, 1997 гг.

1	2	3
64. МУ 2.1.4.783-99 (№ ДК-285-111) и Перечень... №01-19/32-11 1992 г.)	Гигиеническая оценка материалов, реагентов, оборудования, технологий, используемых в системах водоснабжения	Минздрав России. 1992, 1999 гг.
65. СНиП 2.04.02-84 (вместо СНиП II -31-74)	Водоснабжение. Наружные сети и сооружения	Госстрой СССР. Госстрой России. 1984, 1987, 2000 гг.
66. СП 11-108-98	Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод	Госстрой России. 1998 г.
67. СНиП 2.04.01-85 (вместо СНиП II -30-76 и СНиП II -34-76)	Внутренний водопровод и канализация зданий	Госстрой СССР. Госстрой России. 1985, 1991, 1992, 1996, 2000 гг.
68. МУ 2.1.5.800-99	Организация санитарного надзора за обеззараживанием сточных вод	Минздрав России. 2000 г.
69. МУ 2.1.5.1183-2003	Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий	Минздрав России. 2003 г.
70. СанПиН 2.1.4.1074-01 (вместо СанПиН 2.1.4.559-96)	Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества	Минздрав России. 2001 г. С 01.01. 2002 г.
71. ГН 2.1.5. 1316-03 (вместо ГН 2.1.5.690-98); СП 2.1.5.761-99 (доп.№1 к ГН); ГН 2.1.5.9636-00 (доп. №2 к ГН); ГН 2.1.5.1094-02 (доп.№3 к ГН)	Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования	Минздрав России. 1998, 1999, 2000, 2002, 2003 гг.

1	2	3
<p>72. ГН 2.1.5. 1315-03 (вместо ГН 2.1.5.689-98); СП 2.1.5.761-99 (доп.№ 1 к ГН); ГН 2.1.5.963а-00 (доп. №2 к ГН); ГН 2.1.5.1093-02 (доп.№3 к ГН)</p>	<p>Предельно допустимые уровни (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования</p>	<p>Минздрав России. 1998, 1999, 2000, 2002, 2003 гг.</p>
<p>73. ГН 2.1.5. 1373-03</p>	<p>Гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в зонах защитных мероприятий объектов хранения и уничтожения химического оружия</p>	<p>Минздрав России. 2003 г.</p>
<p>74. ГН 1.1.546-96</p>	<p>Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)</p>	<p>Минздрав России. 1996 г.</p>
<p>75. МДС 40-3.2000</p>	<p>Методические рекомендации по обеспечению выполнения требований СанПиН 2.1.4.559-96 на водопроводных станциях при очистке природных вод</p>	<p>Госстрой России. 2000 г.</p>
<p>76. №30 от 18.01.2010</p>	<p>Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения</p>	<p>Росрыболовство. 2010 г.</p>

1	2	3
77. СанПиН 2.1.4.1116-02	Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества	Минздрав России. 2002 г.
78. СанПиН 2.1.2.1331-03	Гигиенические требования к устройству, оборудованию, эксплуатации и качеству воды в аквапарках	Минздрав России. 2003 г.
79. СанПиН 2.1.2.1188-03 (вместо СанПиН 2.1.2.568-96)	Гигиенические требования к устройству, оборудованию, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов	Госкомсанэпиднадзор России. 2003 г.
80. ГОСТ 13273-88 (вместо ГОСТа 13273-73, кроме раздела 3)	Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. Технические условия	Госстандарт СССР. 1973, 1988, 1989 гг.
81. ГОСТ 23732-79	Воды для бетонов и растворов. Технические условия	Госстандарт СССР. 1979 г.
82. ОСТ 5.95006-84	Корабельные системы пресной воды. Обеззараживание. Типовые технологические процессы	Минморфлот. 1984 г.
83. ОСТ 6.18-17.04-83	Охрана природы. Гидросфера. Правила разработки, установления и контроля нормативов оборотного водоснабжения предприятий содовой промышленности	Минхимпром СССР. 1983 г.
84. ОСТ 15.313-84	Водопотребление и водоотведение в рыбном хозяйстве. Общие требования и нормы	Минрыбхоз СССР. 1984 г.

1	2	3
85. ОСТ 15.372-87	Вода для рыбных хозяйств. Общие требования и нормы	Минрыбхоз СССР. 1987 г.
86. ОСТ 15.282-83	Вода для прудовых форелевых и карповых хозяйств. Термины и определения	Минрыбхоз СССР. 1983 г.
87. ОСТ 11.029.003-80	Изделия электронной промышленности. Вода, применяемая в производстве. Марки. Технические требования. Методы очистки и контроля	Минэлектронмаш. 1980 г.
88. ГОСТ 9.314-90	Вода для гальванического производства и схемы промывок. Общие требования	Госстандарт СССР. 1991 г. С 01.07.1991 г.
89. ГОСТ 29183-91	Вода для хозяйственно-питьевого обеспечения судов. Требования к качеству	Госстандарт СССР. 1991 г.
90. ГОСТ 30465-97 (МЭК 734-93)	Вода жесткая, используемая для испытания бытовых электрических приборов. Общие технические требования	Госстандарт СССР. 1997 г.
91. МУ 2058-79	Методические указания по гигиеническому контролю за проектированием, строительством и эксплуатацией групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения	Минздрав СССР. 1979 г.
92. МУ 3907-85	Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ	Минздрав СССР. 1985 г.
93. СП 2.3.6.1079-01	Санитарные правила для организаций общественного питания	Госкомсанэпиднадзор России. 2001 г.

1	2	3
94. СанПиН 2.3.5.021-94 (вместо СанПиН № 5781 от 04.04.1991 г.)	Санитарные правила для предприятий продовольственной торговли	Госкомсанэпиднадзор России. 1994 г.
95. СанПиН 2.3.4.545-96	Производства хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий	Госкомсанэпиднадзор России. 1996 г.
96. СанПиН 2.3.4.551-96	Предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности. Технологические процессы. Сырье. Производство молока и молочных продуктов	Госкомсанэпиднадзор России. 1996 г.
97. СанПиН 2.3.4.704-98	Производство спирта этилового ректификованного и ликероводочных изделий	Госкомсанэпиднадзор России. 1998 г.
98. ГОСТ 25297-82	Установки компактные для очистки поверхностных вод на питьевые нужды. Типы, основные параметры и размеры	Госстандарт СССР. 1982 г.
99. ГОСТ Р 51871-2002	Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения	Госстрой России. 2002 г. С 01.07.2003 г.
100. ТСН МУ-97 МО	Правила и методика технологической оценки водоочистных устройств	Минздрав России. 1997 г. С 01.06.1998 г.
101. ТИ 10-5031536-73-90	Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков	

1	2	3
102. ГОСТ Р 51232-98	Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества	Госстандарт России. 1998 г. С 01.07.1999 г.
103. ГОСТ Р 51592-2000	Вода. Общие требования к отбору проб	Госстандарт России. 2000 г. С 01.07.2001 г.
104. ГОСТ Р 51593-2000	Вода питьевая. Отбор проб	Госстандарт России. 2000 г. С 01.07.2001 г.
105. ГОСТ 17.1.3.08-82	Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод	Госстандарт СССР. 1982 г. С 01.01.1983 г.
106. ГОСТ 17.1.504-81	Приборы и устройства для отбора первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия	Госстандарт СССР. 1982 г. С 01.01.1983 г.
107. ГОСТ 17.1.5.05-85	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков	Госстандарт СССР. 1985 г. С 01.07.1986 г.
108. -	Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения	Росрыболовство. 2009 г.

1	2	3
109. РД 52.24.557-96	Рекомендации. Оценка состояния загрязнения поверхностных вод в регионах освоения нефтяных и газовых месторождений и влияния на них данного вида антропогенного воздействия.	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 1996 г.
110. РД 52.24.609-99	Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях.	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 1999 г.
111. РД 52.24.618-2000	Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием природной среды в районах развития металлургического производства.	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2000 г.
112. РД 52.24.620-2000	Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем.	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2000 г.
113. РД 52.24.622-2001 с программой	Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков.	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2001 г. С 01.01. 2002 г.
114. РД 52.24.627-2007	Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ.	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2007 г.

1	2	3
115. РД 52.24.633-2002	Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем.	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2002 г.
116. РД 52.24.634-2002	Уточнение местоположения створов наблюдений и режимов отбора проб на основе использования трассерных методов изучения гидродинамических характеристик водных объектов.	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2002 г.
117. РД 52.24.643-2002	Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям.	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2002 г.
118. Р 52.24.661-2002	Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши.	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2002 г.
119. РД 52.24.671-2005	Методы выделения и определения ионов тяжелых металлов во взвешенных веществах поверхностных вод суши в условиях опасных уровней загрязнения.	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2005 г.
120. РД 52.24.509-2005	Внутренний контроль качества гидрохимической информации	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2005 г.
121. РД 52.24.689-2006 с изменениями	Порядок согласования проектов нормативов предельно допустимого сброса вредных веществ в водные объекты.	ФГБУ «ГХИ» Росгидромет. 2006 г.

1	2	3
122. РД 52.24.713-2008	Методика расчета показателя выполнения нормативных объемов работ по мониторингу загрязнения поверхностных вод суши	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2008 г.
123. Р 52.24.734-2010	Организация и проведение наблюдений за состоянием и изменением качества поверхностных вод в чрезвычайных ситуациях	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2010 г.
124. Р 52.24.755-2011 с программой	Методы прогнозирования изменения содержания загрязняющих веществ в водных объектах во времени по результатам систематических гидрохимических наблюдений	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2011 г.
125. Р 52.24.756-2011	Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случаях загрязнения).	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2011 г.
126. Р 52.24.765-2012	Методика расчета стоимости работ по рассмотрению проектов нормативов допустимых сбросов веществ в водные объекты и подготовке справок о расчетных характеристиках водотоков	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2012 г.
127. РД 52.24.309 -2011	Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2011 г.

1	2	3
128. Р 52.24.353-2012	Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод	ФГБУ "ГХИ" Росгидромет. 2012 г.
Оценка и нормирование антропогенного воздействия на водные объекты		
129. -	Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и в водные объекты	Госкомприроды СССР. 1989 г.
130. -	Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Методика	Министерство природных ресурсов РФ, 1992.
131. -	Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения. Методические рекомендации (утв. МИНЗДРАВом РФ 30.07.1997 N 2510/5716-97-32).	Минздрав СССР. 1997 г.
132. МДК 3-01.2001	Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов	Госстрой России. 2001 г.
133. -	Методика расчета ПДС веществ в водные объекты со сточными водами	Госкомприроды СССР. 1990 г.

1	2	3
134. -	Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей	МПР России. 2007 г.
135. -	Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты	МПР России. 2007 г.
136. -	Методические указания по разработке нормативов предельно-допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты	МПР РФ, Госкомэкология РФ. 1999 г.
137. -	Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на подземные водные объекты и предельно допустимых сбросов вредных веществ в подземные водные объекты	МПР России. 1998 г.
138. №208 от 10 марта 2000 г.	Правила разработки и утверждения нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ и нормативов предельно допустимых вредных воздействий на морскую среду и природные ресурсы внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации	Правительство РФ. 2000 г.

1	2	3
139. -	Методика расчета нормативов предельно-допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами	МПР России. 2004 г.
140. №883 от 30.12.2006 г.	Постановление «О порядке разработки, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов, внесения изменений в эти схемы»	Правительство РФ. 2006 г.
141. -	Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов	МПР России. 2007 г.
142. -	Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты	Госкомэкология. 1998 г.
143. -	Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с жилых территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты	Росстрой России. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». 2006 г.

Приложение 2 (информационное)

Перечень общих международных стандартов в области контроля и охраны качества воды

Шифр документа	Наименование	Язык
1	2	3
1. ISO 6107-1	Качество воды. Словарь. Часть 1	Английский, французский, русский
2. ISO 6107-2	Качество воды. Словарь. Часть 2	Английский, французский, русский
3. ISO 6107-2 AMD 1	Качество воды. Словарь. Часть 2. Изменение 1	Английский, французский, русский
4. ISO 6107-3 AMD 1	Качество воды. Словарь. Часть 3	Английский, французский, русский
5. ISO 6107-3	Качество воды. Словарь. Часть 3	Английский, французский, русский
6. ISO 6107-4	Качество воды. Словарь. Часть 4	Английский, французский, русский
7. ISO 6107-5	Качество воды. Словарь. Часть 5	Английский, французский, русский
8. ISO 6107-6	Качество воды. Словарь. Часть 6	Английский, французский, русский
9. ISO 6107-7	Качество воды. Словарь. Часть 7	Английский, французский, русский
10. ISO 6107-8	Качество воды. Словарь. Часть 8	Английский, французский, русский
11. ISO 6107-8 AMD 1	Качество воды. Словарь. Часть 8. Изменение 1	Английский, французский, русский
12. ISO 6107-9	Качество воды. Словарь. Часть 9. Алфавитный перечень и предметный указатель	Английский, французский, русский
13. ISO 5667-1	Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программ и методик отбора проб	Английский

1	2	3
14. ISO 5667-3	Качество воды. Отбор проб. Часть 3. Хранение и обращение с пробами воды	Английский
15. ISO 5667-4	Качество воды. Отбор проб. Часть 4. Руководство по отбору проб из естественных и искусственных озер	Английский
16. ИСО 5667-5	Качество воды. Отбор проб. Часть 5. Руководство по отбору проб питьевой воды и воды, используемой в технологии производства пищевых продуктов и напитков	Английский
17. ISO 5667-6	Качество воды. Отбор проб. Часть 6. Руководство по отбору проб из рек и потоков	Английский
18. ISO 5667-8	Качество воды. Отбор проб. Часть 8. Руководство по отбору проб влажных осадений	Английский
19. ISO 5667-9	Качество воды. Отбор проб. Часть 9. Руководство по отбору проб морской воды	Английский
20. ISO 5667-10	Качество воды. Отбор проб. Часть 10. Руководство по отбору проб из сточных вод	Английский
21. ISO 5667-11	Качество воды. Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору проб грунтовых вод	Английский
1	2	3

22. ISO 5667-14	Качество воды. Отбор проб. Часть 14. Руководство по обеспечению качества при отборе проб природных вод и обращении с ними	Английский
23. ISO 5667-17	Качество воды. Отбор проб. Часть 17. Руководство по отбору валовых проб взвешенных твердых частиц	Английский
24. ISO 5667-22	Качество воды. Отбор проб. Часть 22. Руководство по проектированию и установке пунктов мониторинга качества подземных вод	Английский
25. ISO 5667-23	Качество воды. Отбор проб. Часть 23. Руководство по пассивному отбору проб из поверхностных вод	Английский
26. ISO 14001	Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению	Английский
27. ISO 14001 Technical Corrigendum 1	Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. Техническая поправка 1.	Английский

1	2	3
28. ISO 14004	Системы экологического менеджмента. Общие руководящие указания по принципам, системам и способам обеспечения	Английский
29. ISO 14005	Системы экологического менеджмента. Руководящие указания для поэтапного внедрения системы менеджмента окружающей среды, включая оценку экологической эффективности	Английский
30. ISO 14050	Экологический менеджмент. Словарь	Английский, французский, русский

Приложение 3 (информационное)

Основные термины и определения, содержащиеся в официальных отечественных и зарубежных нормативно-методических документах

Термины и определения, принятые в Правилах охраны поверхностных вод... [64]

Ассимилирующая способность водного объекта - способность водного объекта принимать определенную массу веществ в единицу времени без нарушения норм качества воды в контрольном створе (пункте) водопользования.

Нормы качества воды - установленные значения показателей состава и свойств воды по видам ее использования.

Состав воды - совокупность примесей в воде минеральных и органических веществ в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состоянии, а также изотопный состав содержащихся в ней радионуклидов.

Свойства воды - совокупность физических, химических, физико-химических, органолептических, биохимических и других свойств воды.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК) - концентрация индивидуального вещества в воде, выше которой вода непригодна для установленного вида водопользования. При концентрации вещества равной или меньшей ПДК вода остается такой же безвредной для всего живого, как и вода, в которой полностью отсутствует данное вещество.

Предельно допустимый сброс вещества в водный объект (ПДС)* - масса вещества в возвратной воде, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе или неухудшения

сформировавшегося качества воды, если оно хуже нормативного.

*Примечание. * С 2007 года нормативы ПДС заменены на НДС – нормативы допустимого сброса.*

Нормативы допустимых сбросов веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды (ст. 1 ФЗ от 10.01.02 №7-ФЗ “Об охране окружающей среды”).

Нормированное вещество - примесь в воде, для которой установлена предельно допустимая концентрация (ПДК).

Возвратная вода - вода, организованно возвращаемая с помощью технических сооружений и средств из хозяйственного звена круговорота воды в естественные звенья (океаническое, озерное, речное, литогенное). Обобщенное название отводимых в водный объект сточных, сбросных и дренажных вод.

Сточная вода - разновидность возвратной воды: включает хозяйственно-бытовую сточную воду населенных мест, дождевую (снеговую) сточную воду, стекающую с застроенных территорий, производственную сточную воду.

Сбросная вода - оросительная и поливомоечная вода, отводимая соответственно от орошаемых сельхозугодий и застроенных территорий; разновидность возвратной воды.

Дренажная вода - подземная вода, отводимая от орошаемых и осушаемых земельных массивов, входит в понятие возвратной воды.

Водный объект - сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима.

Створ начального разбавления - поперечное сечение потока, отстоящее от оголовка рассеивающего выпуска на величину длины зоны начального разбавления.

Лимитирующий признак вредности веществ в воде - признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Фоновая концентрация - концентрация вещества в воде, рассчитываемая применительно к данному источнику примесей в фоновом створе водного объекта при расчетных гидрологических условиях, учитывающая влияние всех источников примесей за исключением данного источника.

Фоновый створ - поперечное сечение потока, в котором определяется фоновая концентрация вещества в воде.

Источник примесей - объект, от которого в природные воды поступают примеси растворенных, коллоидных или взвешенных веществ.

Загрязнение вод - процесс изменения состава и свойств воды в водном объекте в результате поступления в него загрязняющих веществ.

Засорение вод - накопление в водных объектах посторонних предметов.

Контролируемые показатели - показатели состава и свойств воды, подлежащие контролю при проверке соблюдения установленных норм качества воды в водном объекте и на выпуске возвратных (сточных) вод.

Контрольный створ - поперечное сечение потока, в котором контролируется качество воды.

Токсикологический контроль воды - проверка методом биотестирования соответствия токсических свойств воды установленным требованиям.

Некоторые термины и определения, принятые ИСО 6107 в части типов вод и качества вод [79]

Аэробные организмы, аэробы – организмы, обычно требующие для выживания или размножения растворенный или газообразный кислород.

Бактерии – большая группа микроскопических, метаболически активных, одноклеточных организмов с дисперсным (не дискретным) ядром, в основном обитающих свободно и обычно размножающихся делением.

Вирусы – большая группа ультрамикроскопических организмов (от 20 до 300 нм в диаметре), которые в основном состоят из нуклеиновой кислоты, окруженной протеиновой оболочкой. Они репродуцируются только в живых клетках. Вирусы могут проходить через фильтры, которые задерживают бактерии.

Гуминовые кислоты – Часть гуминовых веществ, растворимая в разбавленном щелочном растворе, но осаждающаяся путем подкисления.

Гуминовые вещества – аморфные комплексные полимерные органические вещества, образующиеся при разложении растительных и животных остатков в почвах и осадках. Они придают характерную желто-коричневую окраску многим поверхностным водам.

Канцероген – вещество, способное вызвать злокачественную опухоль (рак) у человека, животного или растений.

Колиформные организмы – группа аэробных и факультативно анаэробных грамотрицательных, но не образующих спор бактерий, ферментирующих лактозу; обычно присутствуют в

толстом кишечнике человека и животных, но в отличие от *E. coli*, многие из них способны жить и размножаться в природной окружающей среде.

Мутаген – вещество, способное вызывать генетические изменения в живых организмах.

Патоген – организм, способный вызвать заболевание у восприимчивых растений или животных, а также у человека.

Поверхностно-активное вещество – химическое соединение, растворенное или диспергированное в жидкости, абсорбирует главным образом поверхностью контакта, что определяет совокупность его физико-химических или химических свойств, имеющих практический интерес.

Полихлорированные бифенилы – обычно общий термин для хлорзамещенных бифенилов. На практике он также включает монохлорированные бифенилы.

Простейшие – тип одноклеточных эукариотических животных, варьирующих от простых одноклеточных организмов до колоний клеток или высокоорганизованных структур со значительным разнообразием форм и питания.

Серые воды – сточные воды от бытовых ванн и душевых, умывальников и кухонных раковин, исключая сточные фекальные воды от канализационных туалетов.

Соляная вода – вода, в которой содержание солей, в частности хлористого натрия, выше, чем в пресной воде, но ниже, чем в морской воде.

Стратификация – наличие или образование внутри водной массы слоев, отличающихся разной температурой, соленостью, а также разным содержанием кислорода или биогенных элементов.

Термоклин – слой с максимальным температурным градиентом при тепловой стратификации водной массы.

Тяжелая вода – вода, содержащая тяжелые изотопы водорода (^2H или ^3H) в комбинации с кислородом.

Фульвокислоты – часть гуминовых веществ, которые растворимы как в растворе кислоты, так и в щелочном растворе.

Черные воды – сточные воды и экскременты из туалетов с водными бачками, исключая сточные воды от ванн и душевых и умывальников, а также кухонных раковин.

Эвтрофикация – обогащение пресных или соленых вод биогенными веществами, особенно компонентами азота и фосфора, которые будут способствовать ускоренному росту одноклеточных водорослей и более высших форм растительной жизни.

Энтеровирусы; кишечные вирусы – группа вирусов, которые могут размножаться в желудочно-кишечном тракте человека и животных.

Приложение 4 (информационное)
Предельно допустимые концентрации распространенных
загрязняющих веществ в водных объектах
рыбохозяйственного назначения [62]

Вещества	Для водоемов рыбохозяйственного назначения			
	ПДК, мг/л (если не указано иначе)	Формула	ЛПВ*	Класс опасности вещества
1	2	3	4	5
Алкилсульфонат натрия (АПАВ)	0,5		токс.	4
Алюминий	0,04	Al	токс.	4
Аммиак	0,05	NH ₃	токс.	4
Аммоний	0,5	NH ₄	токс.	4
Бензол	0,5	C ₆ H ₆	токс.	4
Бериллий	0,0003	Be	токс.	2
Бор	0,5	B	сан.-токс.	4
Бром	1,35	Br	сан.-токс.	4
Ванадий	0,001	V	токс.	3
Вольфрам	0,0008	W	токс.	3
1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан (ГХЦГ)	отсутствие (0,00001)	C ₆ H ₆ C ₁₆	токс.	1
Железо	0,1	Fe	токс.	4
Кадмий	0,005	Cd	токс.	2
Калий	50; 10 для водоемов с минерализацией до 100 мг/л	K	сан.-токс.	4
Кальций	180,0	Ca	сан.-токс.	4
Кобальт	0,01	Co	токс.	3
Магний	40	Mg	сан.-токс.	4
Марганец двухвалентный	0,01	Mn	токс.	4
Медь	0,001	Cu	токс.	3
Молибден	0,001	Mo	токс.	2
Мышьяк	0,05	As	токс.	3
Натрий	120	Na	сан.-токс.	4
Нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии	0,05		рыб-хоз.	3

1	2	3	4	5
Никель	0,01	Ni	токс.	3
Нитраты	40	NO ₃	сан.-токс.	4
Нитриты	0,08	NO ₂	токс.	4
Фосфаты натрия, калия и кальция	0,05 для олиготроф.; 0,15 – для мезотроф.; 0,2 – для эвтрофных водоемов		сан.	4
Ртуть	отсутствие (0,00001)	Hg	токс.	1
Свинец	0,006	Pb	токс.	2
Сульфит	1,9	SO ₃	токс.	4
Сульфаты	100	SO ₄	сан.-токс	
Тетраэтилсвинец	не нормируется			
Фенол	0,001	C ₆ H ₅ OH	рыб-хоз.	3
Формалин, 35-40% раствор формальдегида в воде	0,25	CH ₂ O	токс.	4
Хлориды	300	Cl	сан.-токс.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	0,02		токс.	3
Хром (Cr ³⁺)	0,07		токс.	3
Цианид-анион	0,05	CN	токс.	3
Цинк	0,01	Zn	токс.	3

Примечание. *Расшифровка ЛПВ (лимитирующего признака вредности):

"токс" - токсикологический (прямое токсическое действие веществ на водные организмы);

"сан"- санитарный (нарушение экологических условий: изменение трофности водоемов, гидрохимических показателей: кислород, азот, фосфор, pH; нарушение самоочищения воды: БПК₅ (биохимическое потребление кислорода за 5 сут), численность сапрофитной микрофлоры);

"сан.-токс" - санитарно-токсикологический (действие вещества на водные организмы и санитарные показатели водоема);

"орг" - органолептический (образование пленок и пены на поверхности воды, появление посторонних привкусов и запахов в воде);

"рыб-хоз" - рыбохозяйственный (изменение товарных качеств промысловых водных организмов: появление неприятных и посторонних привкусов и запахов).

Приложение 5 (информационное)
Предельно допустимые концентрации распространенных загрязняющих
веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-
бытового (рекреационного) назначения [17]

Вещества	Для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) назначения			
	ПДК, мг/л (если не указано иначе)	Формула	ЛПВ*	Класс опасности вещества
1	2	3	4	5
Алкилсульфонат натрия (АПАВ)	0,5		орг. пен.	4
Алюминий	0,2	Al	орг. мутность	3
Аммиак и аммоний (по азоту)	1,5	NH ₃	орг. запах.	4
Бенз(а)пирен	0,000001	C ₂ OH ₁₂	сан.-токс.	1
Бензин	0,1		орг. запах.	3
Бензол	0,01	C ₆ H ₆	сан.-токс.	2
Бериллий	0,0002	Be	сан.-токс.	2
Бор	0,5	B	сан.-токс.	2
Бром	0,2	Br	сан.-токс.	2
Ванадий	0,1	V	сан.-токс.	3
Вольфрам	0,05	W	сан.-токс.	2
1,2,3,4,5,6-гексахлорцикло-гексан (ГХЦГ)	0,02	C ₆ H ₆ C ₁₆	орг. запах.	3
Железо	0,3	Fe	орг. окрас.	3
Кадмий	0,001	Cd	сан.-токс.	2
Кальций фосфат (по PO ₄)	3,5	CaH ₄ O ₈ P	общесан.	4
Кобальт	0,1	Co	сан.-токс.	2
Кремний (по Si)	10	Si	сан.-токс.	2
Магний	50	Mg	орг. привк.	3
Марганец	0,1	Mn	орг. окрас.	3
Медь	1,0	Cu	орг. привк.	3
Молибден	0,25	Mo	сан.-токс.	2
Мышьяк	0,01	As	сан.-токс.	1
Натрий	200	Na	сан.-токс.	2
Нефть	0,3		орг. плен.	4
Нефть многосернистая	0,1		орг. плен.	4
Никель	0,02	Ni	сан.-токс.	2
Нитраты	45	NO ₃	сан.-токс.	3
Нитриты	3,3	NO ₂	сан.-токс.	2

1	2	3	4	5
Полифосфаты (по PO ₄)	3,5		орг.	3
Ртуть	0,0005	Hg	сан.-токс.	1
Свинец	0,01	Pb	сан.-токс.	2
Сульфиды и сероводород (по H ₂ S)	0,003		орг. зап.	4
Сульфаты	500	SO ₄	орг. привк.	4
Тетраэтилсвинец	отсутствие	C ₈ H ₂ OPb	сан.-токс.	1
Фенол	не нормируется			
Формальдегид	0,05	CH ₂ O	сан.-токс.	2
Хлориды	350	Cl	орг. привк.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	0,05		сан.-токс.	3
Хром (Cr ³⁺)	0,5		сан.-токс.	3
Цианиды	0,035	HCN – простые цианиды	сан.-токс.	2
Цинк	0,01	Zn	токс.	3

Примечание. *Расшифровка ЛПВ указана в предыдущем приложении.

Приложение 6 (справочное)

Пример расчета α -показателя коэффициента загрязненности (КЗ)

Расчет выполнен для участка реки Чупсовой, где определялись 10 показателей в двух створах (створ «а» и створ «в»). Количество определений (N_i) – 1 раз за квартал. Расчет КЗ воды проводят в соответствии с техникой расчета, изложенной выше, в настоящем методическом пособии. Результаты расчета заносят в таблицу. По каждому ингредиенту проводят следующие вычисления.

В строку 2 заносят ингредиенты, входящие в одну из 4-х групп ЛПВ;

В строку 3 заносят ПДК_{р/х} для данных ингредиентов, взятые из соответствующих нормативных документов (на сегодняшний день – это «Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения...» (Приказ Росрыболовства, 2010);

В строки 4,5 (возможно и более) заносят фактические значения концентрации наблюдаемых ингредиентов;

В строки 6,7 (возможно и более) заносят значение Δ_i – разница фактической концентрации и ПДК (Сфакт-ПДК);

В строки 8,9 (возможно и более) заносят величину α показателя

загрязненности по каждому ингредиенту ($\alpha_i = \frac{\sum \Delta_i}{N_i \text{ПДК}_i}$);

Далее вычисляют среднее для данного створа значение коэффициента загрязненности α_j с учетом всех величин α_{ij} (полученные значения равны **1,42** и **0,53**);

В строку 11 вносят количество измерений во всех створах наблюдения – в данном случае – 2 (по одному измерению в двух створах наблюдения);

В строку 12 заносят полученный α -показатель по отдельному ингредиенту с учетом рассматриваемых створов наблюдения

$$(\alpha_i = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{N_{ij}} \frac{\Delta_{ijn}}{\text{ПДК}_i});$$

В строку 13 заносится величина расчетного α -показателя КЗ по каждой группе ЛПВ, рассчитываемая как среднеарифметическое из значений по отдельным ингредиентам (строка 12) и величина α -показателя КЗ в целом для рассматриваемого участка реки, рассчитываемая как среднеарифметическое из величин α -показатель КЗ по группам ЛПВ (в данном случае – это **11,62**);

Таблица

Пример выполнения расчета α -показателя коэффициента загрязненности

№ строки	Наименование ингредиента	Нормируемый ингредиент										Коэффициент загрязненности α_j (для отдельного створа)
		I группа – кислородный показатель		II группа – токсикологический показатель				III группа – санитарно-токсикологический показатель			IV группа – рыбохозяйственный показатель	
1												
2		БПКп	растворенный кислород	аммоний	медь	цинк	железо	сульфаты	хлориды	нитраты	нефтепродукты	
3	ПДКр/х (мг/л), если не указано иначе	3,0 мгО ₂ /л	4,0	0,5	0,001	0,01	0,1	100,0	300,0	40,0	0,05	
Концентрация ингредиентов												
4	Створ «а»	7,90	8,72	0,17	0,006	0,030	0,32	15,5	29,5	1,10	0,22	
5	Створ «в»	2,30	7,20	0,18	0,002	0,015	0,44	17,0	37,8	0,78	0,07	
Превышение ПДК (Δ_i)												
6	Створ «а»	4,90	0	0	0,005	0,02	0,22	0	0	0	0,17	
7	Створ «в»	0	0	0	0,001	0,005	0,34	0	0	0	0,02	
Величины α_{ij} -показателей												
8	Створ «а»	1,63	0	0	5	2	2,2	0	0	0	3,4	1,42
9	Створ «в»	0	0	0	1	0,5	3,4	0	0	0	0,4	0,53

Продолжение таблицы

Расчет КЗ (α -показателя)												
10	$\sum(\Delta_i)$ в створах наблюдения по каждому ингредиенту	4,9	0	0	0,006	0,025	5,6	0	0	0	3,8	
11	Кол-во измерений (N_i) в створах	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
12	α -показатель по отдельному ингредиенту	0,817	0	0	3	1,25	28	0	0	0	38	
13	α -показатель КЗ по группе	0,41			8,06			0			38,0	11,62

ВЫВОДЫ

1. Полученное общее значение α -показателя КЗ равно 11,62. Это означает, что содержание в воде нормируемых веществ на данном участке реки в среднем на 1162% ($11,62 \cdot 100\%$) превышает ПДК или качество воды в 11,62 раза хуже нормативного;

2. Основной вклад в загрязнение реки вносят соединения группы рыбохозяйственного ЛПВ – нефтепродукты (α -показатель КЗ по этой группе соединений равен 38) и соединения токсикологической группы ЛПВ – железо, медь, цинк (α -показатель КЗ по этой группе соединений равен 8,06);

3. Наибольшей загрязненностью речная вода характеризуется в **створе «а»** – коэффициент загрязненности α_j для данного створа равен 1,42, т.е. содержание в воде нормируемых веществ в 1,42 раза хуже нормативного, тогда как для **створа «в»** содержание в воде нормируемых веществ хуже нормативных значений только в 0,53 раза.

Приложение 7 (справочное)

Пример расчета индекса качества воды (ИКВ)

Расчет ИКВ выполнен для участка Городского пруда – источника питьевого водоснабжения, где определялись 10 показателей в створе водозабора (табл. 7.1). Для расчета использовались результаты химических и микробиологических исследований взятые за июль месяц 1998 года. Расчет ИКВ воды проводят в соответствии с техникой расчета, изложенной выше, в настоящем методическом пособии.

Таблица 7.1

Гидрохимическая информация о загрязненности воды Городского пруда в створе водозабора за 1998 г.

Ингредиенты	Дата отбора проб воды											
	10 I	10 II	10 III	10 IV	10 V	10 VI	10 VII	10 VIII	10 IX	10 X	10 XI	10 XII
Минерализация (мг/л)	281	291	278	293	182	162	173	206	192	195	232	262
Цветность (град.ПКШ)	20	18	23	50	40	34	32	30	27	23	21	22
Запах (балл)	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0
БПК ₅ (мгО ₂ /л)	2,85	1,14	0,98	0,98	1,9	3,3	3,9	2,94	1,3	0,9	0,66	4,24
Взвешенные вещества (мг/л)	0,8	0,6	0,84	0,8	8	7,4	2,2	7,2	4	8,8	3,6	3,6
Растворенный кислород (мг/л)	3,8	3,3	4,3	3	4,9	9,5	7,8	9,4	11,4	8,1	5,88	10,78
Хлориды (мг/л)	11,5	12	10,4	18,6	3,4	6,5	6	7,8	8	11,2	12,7	11,2
сульфаты(мг/л)	14,2	12,4	2,6	10,2	19,1	9,2	7,1	10,8	11	10,4	11	10,8
pH	7,3	7,4	7,4	8	8,3	8,3	8,4	8,8	8,7	8,4	7,8	7,4
Коли-индекс (кол-во КОЕ*/л)	495	395	350	270	642	1300	1500	1330	1880	1820	645	670

Примечание. * КОЕ – клеткообразные единицы (или клетки).

Общая формула для расчета ИКВ (I) согласно его авторам [22] выглядит так:

$$I = \left[\sum_{i=1}^n \gamma_i \omega_i \right] \prod_{i=1}^n \varphi,$$

где γ_i – относительный вес i-го показателя; ω_i – оценка в баллах качества воды по i-му показателю; φ – «штрафная» функция, понижающая индекс при превышении нормы каким-либо показателем.

Для вычисления ИКВ по каждому ингредиенту проводят вычисления, указанные ниже. Необходимые для расчета данные и результаты расчетов сведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Пример выполнения расчета индекса качества воды (ИКВ)

Ингредиенты	Фактические значения	γ_i	ω_i	φ	$\prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i, \gamma_i)$ *	ИКВ
1	2	3	4	5	6	7
Минерализация (мг/л)	173	0,08	5	не вводится	0,4	
Цветность (град.ПКШ)	32	0,09	3	0,92	0,25	
Запах (балл)	2	0,13	4	не вводится	0,52	
БПК ₅ (мгО ₂ /л)	3,9	0,12	3	0,9	0,32	
Взвешенные вещества (мг/л)	2,2	0,08	5	не вводится	0,4	
Растворенный кислород (мг/л)	7,8	0,09	4	не вводится	0,36	
Хлориды (мг/л)	6	0,07	5	не вводится	0,35	
Сульфаты(мг/л)	7,1	0,06	5	не вводится	0,30	
pH	8,4	0,1	4	не вводится	0,4	
Коли-индекс (кол-во КОЕ/л)	1500	0,18	3	0,86	0,46	
$\left[\sum_{i=1}^n \gamma_i \omega_i \right] \prod_{i=1}^n \varphi$						

Примечание. П – знак произведения.

Из рекомендуемых авторами метода таблиц, приведенных в данном методическом пособии (табл. 3.11, табл. 3.12) выписываем в графу 3 - относительный вес γ_i , в графу 4 - оценку в баллах ω_i .

Для ингредиентов, обнаруженных в водном объекте в количествах, превышающих нормативы качества воды (менее 4

баллов), вводится штрафная функция φ (табл.3.12), которая заносится в графу 5.

В графу 6 заносим произведение относительного веса, оценки в баллах и «штрафной» функции (если последняя учитывается).

В графе 7 приводится окончательный результат расчета – ИКВ или (I) Городского пруда – за июль месяц 1998 года.

ВЫВОДЫ

Исходя из значения ИКВ, равного 3,76, и, принимая во внимание условие: $0 < I \leq 5$, качество воды Городского пруда занимает среднее положение в этой градационной сетке, с большей направленностью к ее верхнему пределу.

Приложение 8 (справочное)

Пример расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) и индекса загрязнения воды с поправкой на водность (ИЗВ*)

Расчет выполнен для р.Чупсовая – водного объекта рыбохозяйственного назначения, где определялись 16 показателей (ингредиентов) качества воды (табл. 8.1). Для расчета среднегодового значения ИЗВ (ИЗВ_{с.г.}) и ИЗВ с поправкой на водность (ИЗВ*) использовались результаты химических исследований, взятые за 1998 год. Расчет комплексных показателей проводят в соответствии с техникой расчета, изложенной выше, в настоящем методическом пособии.

Таблица 8.1

Гидрохимическая информация о загрязненности воды р.Чупсовая в створе с. Арлан в 1998 г.

Ингредиенты	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Фактический расход реки $Q_f(\text{м}^3/\text{с})$	15,5	19,2	14,1	650	200,1	90	40,2	20,7	18,3	50	30	20,6	97,4
pH	7,6	7,8	7,8	7,4	7,27	7,6	7,7	8,15	8,74	8,36	8,36	7,73	7,88
Растворенный кислород (мг/л)	7,28	9,2	9,44	10,8	11,8	7,0	6,96	8,4	8,8	8,96	8,72	9,28	8,88
Кальций (мг/л)	60,1	61,1	52,1	20,8	33,9	51,1	37,1	30,1	41,1	51,1	53,1	22	42,8
Магний (мг/л)	24,3	21,9	20,7	11,1	7,9	16,4	26,8	21,3	16,4	18,9	15,2	17	18,16
Хлориды (мг/л)	37,4	25,1	31,4	10	10	39	30,7	14,5	34,8	13,3	20,1	18,8	23,76
Сульфаты (мг/л)	16,9	14,4	17,3	37,5	26	11,1	15	14,8	14	14,8	11,5	12,3	17,13
БПК полн. (мгO ₂ /л)	1,6	1,92	1,52	2	4,04	2,72	0,32	1,44	0,72	0,88	1,44	1,52	1,68
Нефтепродукты (мг/л)	0,07	0,07	0,09	0,05	0,09	0,07	0	0,06	0,08	0,04	0,03	0,05	0,06

продолжение табл. 8.1

АПВ (мг/л)	0	0	0,004	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01
Азот аммонийный (мг/л)	0,18	0,12	0,2	0,86	1,035	0,37	0,08	0,17	0,12	0,36	0,33	0,26	0,34
Азот нитритный (мг/л)	0,013	0,01	0,011	0,012	0,01	0,016	0,005	0,004	0,003	0,01	0,009	0,008	0,01
Азот нитратный (мг/л)	0,78	1,46	1,23	12,98	7,99	0,12	0,21	0,52	0,19	0,45	0,97	1,05	2,33
Фосфаты (мг/л)	0,2755	0,015	0,028	0,138	0,177	0,028	0,011	0,028	0,058	0,101	0,083	0,083	0,09
Железо общее (мг/л)	0,44	0,32	0,32	0,86	0,54	0,49	0,38	0,46	0,26	0,56	0,42	0,24	0,44
Медь (мкг/л)	0	3	0	3	3	0	0	0	1	5	2	2	1,58
Цинк (мкг/л)	9	19	1	3	4	1	4	5	1	1	1	7	4,67

Общая формула для расчета ИЗВ согласно «Временным методическим указаниям..., 1986» следующая:

$$ИЗВ = \frac{\sum \frac{C_{i-6}}{ПДК_{i-6}}}{6},$$

где: $\frac{C}{ПДК}$ – относительная (нормированная) среднегодовая

концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); **6** – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета; ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Для вычисления ИЗВ по каждому из 6-ти ингредиентов вычисляют $\frac{C}{ПДК}$ (столбец 4) и их сумму (столбец 5). Для расчета по

БПК₅, O₂ и рН для этого используем данные табл. 3.14, 3.15, 3.16 (соответственно) раздела 3.2.2.7 данного пособия. Все необходимые для расчета данные и результаты расчетов сведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Пример выполнения расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) и индекса загрязнения воды с поправкой на водность (ИЗВ*)

р.Чупсовая для 1998 года

Ингредиенты	C _i (средне- годовая)	ПДКр/х	C _i /ПДК _i	∑ C _i /ПДК _i	ИЗВ	Q _{ср.мн.} (м ³ /сек)	Q _i /Q _{ср.мн.}	ИЗВ*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фактический расход реки Q _i (м ³ /сек)	97,4					66,0		
рН	7,88	6,5-8,5	-					
Растворенный кислород (мг/л)	8,88	не ниже 4	6 (по табл.3.15)					
Кальций (мг/л)	42,8	180,00	0,24					
Магний (мг/л)	18,16	40,00	0,45					
Хлориды (мг/л)	23,76	300,00	0,08					
Сульфаты (мг/л)	17,13	100,00	0,17					
БПК полн. (мгO ₂ /л)	1,68	3,00*	3 (по табл.3.14)					
Нефтепродукты (мг/л)	0,06	0,05	1,2					
АПАВ (мг/л)	0,01	0,50	0,02					

продолжение табл. 8.2

Азот аммонийный (мг/л)	0,34	0,50	0,68					
Азот нитритный (мг/л)	0,01	0,08	0,13					
Азот нитратный (мг/л)	2,33	40,00	0,06					
Фосфаты (мг/л)	0,09	0,15**	0,6					
Железо общее (мг/л)	0,44	0,10	4,4					
Медь (мкг/л)	1,58	1,0 мкг/л	1,58					
Цинк (мкг/л)	4,67	10,0 мкг/л	0,47					
Результат				16,86	2,81		1,48	4,16

Примечание. Предельно-допустимое значение БПК₅ принимается для водных объектов рыбохозяйственного назначения равным 70% от предельно-допустимого значения БПК_{полн.} (3,0 мг/л), т.е. 2,1 мгО₂/л; ** взято ПДК фосфатов для мезотрофных водоемов.

Произведем расчет ИЗВ:

$$ИЗВ_{с.р.} = \frac{6 + 3 + 1,2 + 0,68 + 4,4 + 1,58}{6} = \frac{16,86}{6} = 2,81$$

Заносим результат расчета ИЗВ в столбец 6 табл. 8.2.

Как указывалось выше, в разделе 3.2.2.8 данного методического пособия, для водотоков расчет ИЗВ может производиться с учетом водности. При этом ИЗВ с учетом водности обозначается **ИЗВ*** и рассчитывается по формуле:

$$ИЗВ^* = ИЗВ \cdot K_B,$$

где K_B – коэффициент водности ($K = \frac{Q_{\text{фактический}}}{Q_{\text{среднегодовой}}}$);

Q – расход воды в реке).

Фактический расход воды может быть представлен среднегодовым расходом, среднемесячным расходом и т.д., в зависимости от того за какой временной период рассчитывается значение ИЗВ*.

В данном примере определим ИЗВ* за фактический год (1998 год) для р.Чупсовая.

Для этого полученное значение ИЗВ (2,81) надо умножить на коэффициент водности (Кв):

$$K_B \text{ за } 1998 \text{ год} = \frac{97,4(\text{столбец}2)}{66,0(\text{столбец}7)} = 1,48$$

Как видим, водность 1998 года превышает сток в средний по водности год в 1,48 раз, т.е., 1998 год отличался повышенной водностью.

Результат K_B заносим в столбец 8 табл. 8.2.

Теперь можно произвести расчет $ИЗВ^*$:

$$ИЗВ^*_{1998} = ИЗВ_{с.г.} \cdot K_B = 2,81 \cdot 1,48 = 4,16.$$

Результат $ИЗВ^*$ заносим в столбец 9 табл. 8.2.

ВЫВОДЫ

По значению $ИЗВ$ равному 2,81 находим, какой класс качества воды соответствует данной величине $ИЗВ$ (табл. 3.17 пособия). Величина $ИЗВ$, равная 2,81, попадает в градацию «от 2 до 4», соответственно, вода р.Чупсовая по $ИЗВ$ в 1998 г. относилась к IV классу качества воды и характеризовалась как «загрязненная».

Рассчитав $ИЗВ$ с поправкой на водность фактического года (в данном случае – это 1998 год), получаем $ИЗВ^*$ равное уже 4,16. Данная величина находится в градации «от 4 до 6», т.е. вода реки характеризуется уже как «грязная». Следовательно, в многоводный 1998 год сток ингредиентов, вносящих основной вклад в загрязнение увеличивается, соответственно, растёт и загрязненность воды (по величине $ИЗВ^*$).

Таким образом, сравнением величин двух комплексных показателей $ИЗВ$ и $ИЗВ^*$ можно получить разную характеристику загрязненности воды, в данном примере настолько разную, что вода реки в одном и том же створе наблюдения в один и тот же год может относиться к разным классам качества воды. Однако, надо уточнить, что явное отличие $ИЗВ$ от $ИЗВ^*$ будет наблюдаться только в случае с годами (сезонами) повышенной или пониженной водности. Если коэффициент водности фактического года приближен к 1, то качество воды по $ИЗВ$ и $ИЗВ^*$ будет характеризоваться одним классом.

Приложение 9 (справочное)

Пример расчета комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ)

Наблюдения за химическим составом воды реки Чупсовой в створе А проводили в 1999 г. по 14 ингредиентам (табл. 9.1). Предварительным обследованием была выявлена высокая комплексность загрязненности воды (К) равная 50,0%, это значит, что необходимо дать комплексную оценку качества воды реки Чупсовая в створе А за 1999 г.

Таблица 9.1

Гидрохимическая информация о загрязненности воды реки Чупсовая в створе А за 1999 г.

Месяц	O ₂	БПК ₅	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	фенолы	нефтепродукты	Cu ²⁺	Zn ²⁺
I	8,72	5,50	29,4	15,6	0,32	1,12	0,006	0,17	54,1	19,5	0,001	0,22	0,006	0,028
II	9,28	2,4	30,1	14,0	0,34	13,69	0,007	0,25	55,0	22,5	0	0,09	0,001	0,007
III	10,7	1,5	26,1	13,9	0,48	0,93	0,01	0,30	56,0	18,8	0	0,01	0,006	0,001
IV	10,4	-	8,8	26,4	0,52	8,50	0,013	0,63	20,8	5,7	0	0,05	0,002	0,001
V	12,2	6,8	10,5	23,7	0,51	6,86	0,008	0,53	33,9	10,3	0	0,06	0,002	0,001
VI	8,8	2,0	8,9	13,5	0,29	0,12	0,012	0,57	59,0	10,5	0,002	-	-	0,001
VII	6,64	2,8	15,7	12,6	0,28	0,15	0,004	0,61	19,0	37,7	0,003	0,09	0,005	0,001
VIII	8,16	2,24	12,0	13,6	0,25	1,40	0,005	0,60	38,5	21,0	0,005	0,07	0,002	0,060
IX	9,2	0,98	13,7	11,1	0,25	0,2	0,008	0,13	52,0	22,0	0	-	-	0,020
X	8,64	0,90	12,5	14,4	0,38	0,37	0,015	0,25	53,1	15,2	0,002	0,06	0,003	0,002
XI	-	1,6	13,4	12,0	0,43	0,91	0,012	0,3	57,2	16,4	0	0,06	0,001	0,007
XII	9,52	2,55	15,5	12,8	3,05	1,12	0,008	0,3	35,0	10,6	0,003	0,01	-	0,007

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды проводят в соответствии с техникой расчета, изложенной в настоящем методическом пособии. Результаты расчета заносят в таблицу 9.2. По каждому ингредиенту проводят следующие вычисления, указанные ниже.

Таблица 9.2

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды реки Чупсовая в створе А за 1999 г.

Ингредиенты и показатели загрязненности	n_i	n'_i	$\alpha_i = \frac{n'_i}{n_i} \cdot 100\%$	S_{α_i}	$\sum \beta_i = \sum_{i=1}^{n'_i} \frac{C_i}{ПДК_i}$	$\bar{\beta}_i$	S_{β_i}	S_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
O ₂	11	-	-	-	-	-	-	-
БПК ₅	11	6	54,5	4,0	2,62+1,14+3,24+1,33+1,07+1,21=10,61	1,77	1,77	7,08
СГ	12	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻	12	-	-	-	-	-	-	-
Fe _{общ}	12	12	100,0	4,0	3,2+3,4+4,8+5,2+5,1+2,9+2,8+2,5+2,5+3,8+4,3+30,5=71,0	5,92	2,49	9,96
N _{NO3-}	12	-	-	-	-	-	-	-
N _{NO2-}	12	-	-	-	-	-	-	-
Фенолы	12	5	41,7	3,59	2+3+5+2+3=15	3,0	2,13	7,65
Нефтепродукты	10	7	70,0	4,0	4,4+1,8+1,2+1,8+1,4+1,2+1,2=13	1,86	1,86	7,44
N _{NH4+}	12	5	41,7	3,59	1,26+1,06+1,14+1,22+1,2=5,88	1,18	1,18	4,24
Ca ²⁺	12	-	-	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	12	-	-	-	-	-	-	-
Медь	9	7	77,8	4,0	6+6+2+2+5+2+3=26	3,71	2,21	8,84
Цинк	12	3	25,0	2,75	2,8+6+2=10,8	3,60	2,20	6,05

В графу 2 таблицы 9.2 заносят данные по числу определений. По растворенному в воде кислороду, БПК₅ воды – 11, по меди их - 9 и т.д.

В графу 3 таблицы 9.2 помещают данные по числу определений, превышающих ПДК. По растворенному в воде кислороду превышений ПДК нет, по БПК₅ воды – 6 (ПДК БПК₅ принимается равной 70% от ПДК БПКполн., т.е. 2,1 мгО₂/л), по железу общему - 12, по аммоний - 5 и т.д.

На основании данных второй и третьей граф определяется повторяемость случаев превышения ПДК:

$$\alpha_{O_2} = 0\%; \alpha_{БПК_5} = \frac{6}{11} \cdot 100\% = 54,5\% \text{ и т.д.}$$

Результаты помещают в графу 4 табл. 9.2. По значениям повторяемости на основании Приложения Е РД 52.24.643-2002 (табл.3.20 пособия) определяют частный оценочный балл S_{α} и ставят его в графу 5:

$$S_{\alpha_{БПК_5}} = 4,0; S_{\alpha_{Fe}} = 3,59, S_{\alpha_{цинк}} = 2,75 \text{ и т.д.}$$

Рассчитывают кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6 табл.9.2). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7 табл.9.2). Например:

$$\bar{\beta}_{БПК_5} = (2,62+1,14+3,24+1,33+1,07+1,21)/6=1,77 \text{ мг/дм}^3;$$

$$\bar{\beta}_{Fe_{общ}} =$$

$$(3,2+3,4+4,8+5,2+5,1+2,9+2,8+2,5+2,5+3,8+4,3+30,5)/12=5,92 \text{ мг/дм}^3.$$

По значениям средней кратности превышения ПДК на основании Приложения Ж РД 52.24.643-2002 (табл.3.21 пособия) определяют частный оценочный балл, который помещают в графу 8:

$$S_{\beta_{БПК_5}} = 1,77; S_{\beta_{Fe_{общ}}} = 2,49 \text{ и т.д.}$$

Определение S_{β_i} , как и определение S_{α_i} , проводят с учетом линейной интерполяции. Например:

$$\beta_{Fe_{общ}} = 5,92. \text{ Согласно Приложению Ж, соответствующий этому}$$

значению балл находится между двумя и тремя. Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу $\bar{\beta}_i$, в этих пределах

составляет 0,125. Чтобы получить значение балла по $\bar{\beta}_{Fe_{общ}}$,

необходимо к двум прибавить число, полученное в результате действия: $3,92 \cdot 0,125 = 0,49$, тогда $S_{\beta_{NO_2}} = 2 + 0,49 = 2,49$.

Далее определяют обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту (графа 9 табл.9.2). Например:

$$S_{\text{БПК}_5} = S_{\alpha_{\text{БПК}_5}} S_{\beta_{\text{БПК}_5}} = 4 \cdot 1,77 = 7,08;$$

$$S_{\text{Feобщ}} = S_{\alpha_{\text{Feобщ}}} S_{\beta_{\text{Feобщ}}} = 4 \cdot 2,49 = 9,96;$$

$$S_{\text{фенолы}} = S_{\alpha_{\text{фен}}} S_{\beta_{\text{фен}}} = 3,59 \cdot 2,13 = 7,65 \text{ и т.д.}$$

Значения обобщенного оценочного балла помещают в графу 9 таблицы 9.

Значения комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ) S_A в створе A определяют как сумму обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = 7,08 + 9,96 + 7,65 + 7,44 + 4,24 + 8,84 + 6,05 = 51,26.$$

Вычисляют **удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) S'_A** :

$$S'_A = \frac{51,26}{14} = 3,66.$$

По значениям обобщенных оценочных баллов и условию $S_{ij} \geq 9$ находят число КПЗ (критических показателей загрязненности). Критический показатель загрязненности в данном случае только один – это железо общее ($S_{\text{Feобщ}} = 9,96$), т.е. F (критический показатель загрязненности) равен = 1.

Коэффициент запаса k рассчитывается по формуле:

$$k = 1 - 0,1 F,$$

где F - число критических показателей загрязненности воды.

Коэффициент запаса k в данном случае:

$$k = 1 - 0,1 \cdot 1 = 0,9.$$

Определяют класс загрязненности воды.

По таблице Приложения И РД 52.24.643-2002 (табл.3.23 пособия) подбирают градации класса качества воды, в пределах которых находится значение комбинаторного индекса загрязненности воды S_j . с учетом коэффициента запаса равного 0,9 и количества ингредиентов, участвующих в расчете $N=14$.

В данном случае, значение **КИЗВ**=51,26 попадает в градацию (3,6 N_j ; 9,9 N_j] – 4-й класс качества воды, вода характеризуется как «грязная».

Более простой способ определения класса качества воды - по значению **УКИЗВ** (3,66) и числу КПЗ (1), согласно Приложению К РД 52.24.643-2002 (табл.3.24 пособия). В графе, соответствующей значению КПЗ 1, находим градацию значений УКИЗВ, в которую

входит его значение 3,66, и соответствующие им класс (4-й), разряд «а» и качественную характеристику воды - "грязная".

ВЫВОДЫ

Превышение ПДК в воде реки Чупсовая в створе А наблюдалось по 7 ингредиентам химического состава воды из 14 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды составляет 50,0%, что свидетельствовало о высокой комплексности загрязнения воды реки Чупсовая в створе А в течение всего года.

Для некоторых загрязняющих ингредиентов (табл. 9.2) – БПК₅, железо общее, нефтепродукты, соединения меди в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_{\alpha} = 4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по рассматриваемым ингредиентам определяется как «характерная». По фенолам и азоту аммонийному загрязненность воды определяется как «устойчивая», а по цинку как «неустойчивая».

По кратности превышения ПДК степень загрязненности воды изменялась в течение года - от «низкой» до «средней».

Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят соединения железа. Общий оценочный балл этого ингредиента, составляющий **9,96**, относит этот ингредиент к критическим показателям загрязненности воды этого водного объекта, на который нужно обратить особое внимание при разработке (или уточнении) программы гидрохимического мониторинга, при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий в бассейне этой реки.

Учебное издание

Автор-составитель
Гагарина Ольга Вячеславовна

**ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА
ПРИРОДНЫХ ВОД:
критерии, методы, существующие проблемы**
Учебно-методическое пособие

Напечатано в авторской редакции
с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 20.12.12. Формат 60×84 ¹/₁₆
Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,7.
Тираж 30 экз. Заказ №

Издательство «Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4.