Гидрохимические показатели состояния окружающей среды

*Справочные материалы*

Авторы: *Т.В.Гусева, Я.П.Молчанова, Е.А.Заика, В.Н.Виниченко, Е.М.Аверочкин*

Оглавление

[Введе](intro.html)[ни](intro.html)[е](intro.html)

[Часть 1. Экол](ch1.html)[огическое нормирование](ch1.html)

[Экологическое нормирование и деятельность в области экологического менеджмента](ch1.html#1.1)

[Нормирование качества окружающей среды](ch1.html#1.2)

[Нормирование качества вод](ch1.html#1.3)

[*Качество вод и виды водопользования*](ch1.html#1.3.1)

[*Формирование химического состава природных вод*](ch1.html#1.3.2)

[*Классификация вод по интегральным показателям качества*](ch1.html#1.3.3)

[Часть 2. Экологический мониторинг поверхностных водных объектов в Российской Федерации](ch2.html)

[Структура государственного экологического мониторинга](ch2.html#2.1)

[*Государственный водный кадастр (ГВК)*](ch2.html#2.1.1)

[Виды наблюдений за качеством поверхностных вод ОГСНК](ch2.html#2.2)

[Основные задачи наблюдений за качеством поверхностных вод в системе ОГСНК](ch2.html#2.3)

[Организация сети пунктов наблюдений за поверхностными водными объектами](ch2.html#2.4)

[Установление местоположения створов в пунктах наблюдений](ch2.html#2.5)

[Программы наблюдений за качеством воды](ch2.html#2.6)

[Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод](ch3.html)

[Минерализация](ch3.html#3.1)

[Электропроводность](ch3.html#3.2)

[Температура](ch3.html#3.3)

[Взвешенные вещества (грубодисперсные примеси)](ch3.html#3.4)

[Органолептические наблюдения](ch3.html#3.5)

[*Запах*](ch3.html#3.5.1)

[*Мутность*](ch3.html#3.5.2)

[*Цветность*](ch3.html#3.5.3)

[*Прозрачность*](ch3.html#3.5.4)

[Водородный показатель (рН)](ch3.html#3.6)

[Окислительно-восстановительный потенциал (Eh)](ch3.html#3.7)

[Кислотность](ch3.html#3.8)

[Щелочность](ch3.html#3.9)

[Растворенный кислород](ch3.html#3.10)

[Жесткость](ch3.html#3.11)

[Окисляемость перманганатная и бихроматная (ХПК)](ch3.html#3.12)

[Биохимическое потребление кислорода (БПК)](ch3.html#3.13)

[*БПК5*](ch3.html#3.13.1)

[*БПКп*](ch3.html#3.13.2)

[Часть 4. Неорганические вещества в водных системах](ch4.html)

[Кальций](ch4.html#4.1)

[Магний](ch4.html#4.2)

[Кремний](ch4.html#4.3)

[Углерод](ch4.html#4.4)

[*Диоксид углерода*](ch4.html#4.4.1)

[*Карбонаты*](ch4.html#4.4.2)

[Азот общий](ch4.html#4.5)

[*Сумма минерального азота*](ch4.html#4.5.1)

[Фосфор общий](ch4.html#4.6)

[*Фосфор органический*](ch4.html#4.6.1)

[*Фосфор минеральный*](ch4.html#4.6.2)

[Соединения серы](ch4.html#4.7)

[*Сероводород и сульфиды*](ch4.html#4.7.1)

[*Сульфаты*](ch4.html#4.7.2)

[*Сероуглерод*](ch4.html#4.7.3)

[Натрий](ch4.html#4.8)

[Калий](ch4.html#4.9)

[Фтор](ch4.html#4.10)

[Хлор](ch4.html#4.11)

[Хлориды](ch4.html#4.12)

[Бром](ch4.html#4.13)

[Йод](ch4-1.html#4.14)

[Бор](ch4-1.html#4.15)

[Цианиды](ch4-1.html#4.16)

[Роданиды (тиоцианаты)](ch4-1.html#4.17)

[Стронций](ch4-1.html#4.18)

[Алюминий](ch4-1.html#4.19)

[Титан](ch4-1.html#4.20)

[Тяжелые металлы и металлоиды](ch4-1.html#4.21)

[*Ванадий*](ch4-1.html#4.21.1)

[*Висмут*](ch4-1.html#4.21.2)

[*Железо*](ch4-1.html#4.21.3)

[*Кадмий*](ch4-1.html#4.21.4)

[*Кобальт*](ch4-1.html#4.21.5)

[*Марганец*](ch4-1.html#4.21.6)

[*Медь*](ch4-1.html#4.21.7)

[*Молибден*](ch4-1.html#4.21.8)

[*Мышьяк*](ch4-1.html#4.21.9)

[*Никель*](ch4-1.html#4.21.10)

[*Олово*](ch4-1.html#4.21.11)

[*Ртуть*](ch4-1.html#4.21.12)

[*Свинец*](ch4-1.html#4.21.13)

[*Серебро*](ch4-1.html#4.21.14)

[*Сурьма*](ch4-1.html#4.21.15)

[*Хром*](ch4-1.html#4.21.16)

[*Цинк*](ch4-1.html#4.21.17)

[Часть 5. Органические вещества в водных системах](ch5.html)

[Органический углерод](ch5.html#5.1)

[Углеводороды (нефтепродукты)](ch5.html#5.2)

[*Метан*](ch5.html#5.2.1)

[*Бензол*](ch5.html#5.2.2)

[Фенолы](ch5.html#5.3)

[*Гидрохинон*](ch5.html#5.3.1)

[Спирты](ch5.html#5.4)

[*Метанол*](ch5.html#5.4.1)

[*Этиленгликоль*](ch5.html#5.4.2)

[Органические кислоты](ch5.html#5.5)

[*Летучие кислоты*](ch5.html#5.5.1)

[*Пропионовая кислота*](ch5.html#5.5.2)

[*Масляная кислота*](ch5.html#5.5.3)

[*Молочная кислота*](ch5.html#5.5.4)

[*Бензойная кислота*](ch5.html#5.5.5)

[*Гумусовые кислоты*](ch5.html#5.5.6)

[Азот органический](ch5.html#5.6)

[*Мочевина*](ch5.html#5.6.1)

[*Амины*](ch5.html#5.6.2)

[*Нитробензол*](ch5.html#5.6.3)

[Сера органическая](ch5.html#5.7)

[*Метилмеркаптан*](ch5.html#5.7.1)

[*Диметилсульфид*](ch5.html#5.7.2)

[*Диметилдисульфид*](ch5.html#5.7.3)

[Карбонильные соединения](ch5.html#5.8)

[Ацетон](ch5.html#5.9)

[Формальдегид](ch5.html#5.10)

[Углеводы](ch5.html#5.11)

[Жиры](ch5-1.html#5.12)

[Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)](ch5-1.html#5.13)

[*Неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ)*](ch5-1.html#5.13.1)

[Смолистые вещества](ch5-1.html#5.14)

[Дубильные вещества (танниды)](ch5-1.html#5.15)

[Водорастворимый сульфатный лигнин](ch5-1.html#5.16)

[Хлорорганические соединения](ch5-1.html#5.17)

[*Хлорированные бифенилы (трихлордифенил, бихлордифенил)*](ch5-1.html#5.17.1)

[Прочие](ch5-1.html#5.18)

[*Фурфурол*](ch5-1.html#5.18.1)

[*Ксантогенаты*](ch5-1.html#5.18.2)

[*Капролактам*](ch5-1.html#5.18.3)

[*Циклогексанон*](ch5-1.html#5.18.4)

[*Циклогексаноноксим*](ch5-1.html#5.18.5)

[Пестициды](ch5-1.html#5.19)

[*Гербициды*](ch5-1.html#5.19.1)

[*Инсектициды*](ch5-1.html#5.19.2)

[*Дефолианты*](ch5-1.html#5.19.3)

[*Фунгициды*](ch5-1.html#5.19.4)

[Литература](lit.html)

Введение

Вопросы химии окружающей среды и экологического мониторинга, миграции и трансформации загрязняющих веществ в природных и антропогенных системах занимают одну из центральных позиций в образовательных стандартах профильных специальностей высшей школы, в программах многих практических семинаров и учебных курсов. Особенности развития аналитической химии с одной стороны и исключительная роль воды в жизни человека с другой определили то обстоятельство, что экологический мониторинг водных объектов получил приоритетное развитие в большинстве национальных и региональных систем наблюдений.

Учитывая интерес и потребности специалистов, студентов, общественных организаций, авторы подготовили в 1995 году первый вариант справочных материалов по гидрохимии, которые на протяжении пяти лет претерпели многочисленные изменения, были модифицированы и дополнены, частично или полностью включены в состав раздаточных материалов, брошюр, книг, наконец – выпущены в 1999 году в виде самостоятельного издания.

Справочные материалы по гидрохимии были подготовлены с тем, чтобы дать читателям возможность ознакомиться с достаточно обширными сведениями об экологическом нормировании, о классификации водных объектов, об общих и суммарных показателях их качества, об источниках поступления, формах миграции и трансформации, а также о принципах нормирования содержания неорганических и органических веществ в водных системах.

В ходе работы над проектом “Развитие общественного диалога и сотрудничества в области экологического менеджмента в Российской Федерации” авторы вновь обратились к справочным материалам, на сей раз, в контексте разработки программ экологического менеджмента. Подготовленный ранее вариант пособия был обсужден с коллегами, работающими в промышленности, в комитетах по охране окружающей среды, в консультационных агентствах и общественных организациях, дополнен необходимыми сведениями об экологических показателях деятельности организаций и размещен в электронном виде в сети Интернет по адресу [**http://www.ecoline.ru/mc**](http://www.ecoline.ru/mc/).

Составители и редакторы книги “Гидрохимические показатели состояния окружающей среды” благодарны преподавателям и сотрудникам кафедр промышленной экологии и проблем устойчивого развития РХТУ им. Д.И. Менделеева за помощь в подготовке настоящего издания.

Мы искренне признательны также нашим коллегам из МГУ им. М.В. Ломоносова, Института водных проблем РАН, НПО “Тайфун”, Томского государственного университета, Всероссийского научно-исследовательского института стандартов, Управления научно-технического обеспечения природоохранной деятельности Госкомэкологии РФ, Государственных комитетов по охране окружающей среды Рязанской, Томской, Владимирской, Кемеровской областей, национальных парков “Мещера” и “Мещерский” за полезные замечания и комментарии.

Мы благодарны нашим партнерам – общественным экологическим организациям “Пра” (г. Спас-Клепики), “Мещера” (г. Гусь-Хрустальный), “Дронт” (г. Нижний Новгород), ИнЭкА (г. Новокузнецк), “Роза ветров” и “Студенческая экологическая инспекция” (г. Томск) за консультации и пожелания в отношении объема материала и формы его изложения.

Подготовка настоящего варианта и издание книги “Гидрохимические показатели состояния окружающей среды” осуществлены в рамках проекта “Развитие общественного диалога и сотрудничества в области экологического менеджмента в Российской Федерации”, выполняемого общественной экологической организацией Эколайн (Россия, Москва) и экологическим консультационным агентством GEOPLAN International (Нидерланды, Амстердам). Проект профинансирован программой МАТРА Правительства Королевства Нидерландов.

Экологическое нормирование и деятельность в области экологического менеджмента

Современная российская концепция экологического нормирования определяет его как деятельность, направленную на установление системы **нормативов состояния** и **нормативов предельно допустимого воздействия** на экосистемы, необходимых для эффективного осуществления природоохранного управления. Предполагается, что нормативы состояния должны основываться на тех характеристиках экосистем, которые наиболее информативно реагируют на антропогенное воздействие, значимое для состояния данной экосистемы в целом. Подразумевается также, что, в свою очередь, установление нормативов предельно допустимых воздействий на экосистемы способствует регулированию загрязнения окружающей среды, изъятия природных ресурсов, ограничению антропогенной трансформации экосистем.

Таким образом, развитие экологического нормирования призвано обеспечить создание системы реальных, отражающих фундаментальные природные процессы и возможности современных технологий, ориентиров минимизации антропогенного воздействия.

Одним из международно-признанных инструментов снижения воздействия на окружающую среду является **экологический менеджмент** – процесс внутренне мотивированной, инициативной деятельности экономических субъектов, направленной на последовательное улучшение в достижении их собственных экологических целей и задач, реализации проектов и программ, разработанных на основе самостоятельно принятой экологической политики.

В ряде российских документов (в том числе, в переводах серии стандартов ГОСТ Р ИСО 14000) термин “экологический менеджмент” заменен словосочетанием “управление окружающей средой“, что во многом затрудняет понимание сути описываемой деятельности. Строго говоря, окружающая среда не является объектом управления (менеджмента) для экономических субъектов. Планирование деятельности, мониторинг и контроль непосредственно по отношению к объектам окружающей среды предприятиями практически не осуществляются.

Основным объектом менеджмента являются различные экологические аспекты деятельности предприятий (например, источники образования воздействия на окружающую среду, использование опасных веществ и материалов, экономическая эффективность экологической деятельности и т.п.). В международных стандартах серии ISO 14000 **экологический аспект** определен как элемент деятельности предприятия, его продукции или услуг, который взаимодействует или может взаимодействовать с окружающей средой.

Международный стандарт ISO 14001 содержит рекомендации в отношении системы экологического менеджмента с тем, чтобы дать любой организации возможность сформулировать политику и цели, принимая во внимание требования законодательства, нормативно-технических актов и информацию о значимых экологических аспектах и о воздействии на окружающую среду. В системе экологического менеджмента рассматриваются те экологические аспекты деятельности организации, которые она может контролировать, и влияния на которые можно ожидать.

Ядром системы экологического менеджмента является программа – комплексный документ, описывающий организацию деятельности предприятия в области экологического менеджмента, а также конкретные мероприятия и действия по ее реализации, разработанные в соответствии с экологической политикой, целями и задачами. При разработке программ экологического менеджмента предприятия руководствуются принципом последовательного улучшения, то есть достижения лучших показателей во всех экологических аспектах деятельности предприятия, там, где это практически возможно. При этом последовательное улучшение необходимо демонстрировать, доказывать заинтересованным сторонам: государственным органам, общественности, партнерам, инвесторам, конкурентам.

Оценка выполнения программ экологического менеджмента, демонстрация достижений осуществляются с использованием конкретных показателей, отражающих характер деятельности организации в целом. В числе таких показателей выделяют группы индикаторов, описывающих эффективность системы экологического менеджмента, особенности функционирования основных и вспомогательных производственных процессов и состояние окружающей среды.

Показатель эффективности системы экологического менеджмента – специфический индикатор, показатель, отражающий эффективность и результативность внедрения, функционирования и развития системы экологического менеджмента, проявляющиеся в характере деятельности организации. Не вдаваясь в детали, отметим, что относительное изменение числа обращений граждан с жалобами на нарушение предприятием установленных нормативов или, напротив, возрастание активности сотрудников, участвующих в разработке предложений по улучшению экологической деятельности организации относятся к категории показателей эффективности системы экологического менеджмента.

Показатель функционирования основных и вспомогательных производственных процессов – специфический индикатор, показатель, отражающий информацию о реальных экологических параметрах производственных процессов. Наряду с широко распространенными в Российской Федерации показателями типа массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов их в водные объекты и объемов размещения отходов, предприятия используют внутренние количественных показателей планирования деятельности в области экологического менеджмента. Среди них следует отметить такие, как удельное потребление чрезвычайно опасных и высокоопасных веществ, удельные объемы рециклируемых материалов и реагентов, удельные выбросы и сбросы загрязняющих веществ, удельное образование отходов и их накопление на территории промышленной площадки и т.п.

Наконец, в тех случаях, когда это возможно, организации используют при разработке и оценке выполнения программ экологического менеджмента показатели состояния окружающей среды, отражающие сведения о местных, региональных или глобальных особенностях состояния окружающей среды.

Как видно, практически все показатели, применяемые в системах экологического менеджмента, так или иначе связаны с нормативами предельно-допустимого воздействия и нормативами состояния окружающей среды. В самом деле, даже жалобы жителей на нарушения, совершенные предприятиями, основываются на представлениях людей о том, до какой степени воздействие экономических субъектов может сказываться на состоянии природной среды. При планировании показателей, отражающих функционирование производственных процессов, во внимание принимается полнота использования ресурсов (связанная с ограничением их изъятия), потери, типичные процедуры, например, обращения с опасными веществами и материалами.

Оценка выполнения программ, действенности мер, направленных на снижение антропогенного воздействия, подразумевает организацию систематических наблюдений за изменением выбранных показателей. Наиболее желательны те ситуации, в которых показатели являются измеримыми (в самом широком смысле слова), верифицируемыми не только для самого предприятия, но и для других заинтересованных сторон. Поэтому идентификация экологических аспектов, планирование деятельности, выбор показателей, их обсуждение, согласование позиций хозяйствующих субъектов, государственных органов, общественных организаций представляют собой один из основополагающих этапов развития системы экологического менеджмента.

Дальнейшее изложение посвящено обсуждению особенностей экологического нормирования состояния водных объектов, описанию общих, суммарных, частных показателей качества природных и состава сточных вод. При разработке программ экологического менеджмента, при распределении обязанностей между предприятиями, государственными органами и общественными организациями в отношении производственного, государственного и общественного экологического мониторинга эти показатели могут быть использованы в качестве частных и маркерных параметров, отражающих состояние водных систем и особенности антропогенного воздействия на водосборе.

Нормирование качества окружающей среды

В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления **предельно допустимых норм воздействия**, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под **воздействием** понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

Определенная таким образом цель подразумевает наложение граничных условий (нормативов) как на само воздействие, так и на факторы среды, отражающие и воздействие, и отклики экосистем. Принцип антропоцентризма верен и в отношении истории развития нормирования: значительно ранее прочих были установлены нормативы приемлемых для человека условий среды (прежде всего, производственной). Тем самым было положено начало работам в области **санитарно-гигиенического нормирования**. Однако человек не самый чувствительный из биологических видов, и принцип "Защищен человек – защищены и экосистемы", вообще говоря, неверен. **Экологическое нормирование** предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему. **Допустимой** считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды. К настоящему времени известны лишь некоторые попытки учета нагрузки для растений суши и для сообществ водоемов рыбохозяйственного назначения (несколько слов об этом будет сказано в разделе, посвященном нормированию качества воды).

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основаны на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами воздействия на живые организмы. Одним из важных понятий в токсикологии и в нормировании является понятие вредного вещества. В специальной литературе принято называть **вредными** все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Кроме того, как правило, все **ксенобиотики** (чужеродные для живых организмов, искусственно синтезированные вещества) рассматривают как вредные.

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия. **Порог вредного действия** – это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Таким образом, пороговая доза вещества (или пороговое действие вообще) вызывает у биологического организма отклик, который не может быть скомпенсирован за счет гомеостатических механизмов (механизмов поддержания внутреннего равновесия организма).

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 основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации.

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)** – нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Таким образом, санитарно-гигиеническое нормирование охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, хотя редко отражает **комбинированное действие** (одновременное или последовательное действие нескольких веществ при одном и том же пути поступления) и не учитывает эффектов **комплексного** (поступления вредных веществ в организм различными путями и с различными средами – с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы) и **сочетанного воздействия** всего многообразия физических, химических и биологических факторов окружающей среды. Существуют лишь ограниченные перечни веществ, обладающих эффектом суммации при их одновременном содержании в атмосферном воздухе.

Для веществ, о действии которых не накоплено достаточной информации, могут устанавливаться **временно допустимые концентрации (ВДК)** – полученные расчетным путем нормативы, рекомендованные для использования сроком на 2–3 года.

В публикациях иногда встречаются и другие характеристики загрязняющих веществ. Под **токсичностью** понимают способность веществ вызывать нарушения физиологических функций организма, что в свою очередь приводит к заболеваниям (интоксикациям, отравлениям) или, в тяжелых случаях, к гибели. Фактически токсичность – мера несовместимости вещества с жизнью.

Степень токсичности веществ принято характеризовать величиной токсической дозы – количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность вещества. Различают среднесмертельные (ЛД50), абсолютно смертельные (ЛД100), минимально смертельные (ЛД0-10) и др. дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта – в данном случае смерти – в группе подопытных животных. Следует иметь в виду, что величины токсических доз зависят от путей поступления вещества в организм. Доза ЛД50 (гибель половины подопытных животных) дает значительно более определенную в количественном отношении характеристику токсичности, чем ЛД100 или ЛД0. В зависимости от типа дозы, вида животных и пути поступления, выбранных для оценки, порядок расположения веществ на шкале токсичности может меняться. Величина токсической дозы не используется в системе нормирования.

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 источникам воздействия, отражают **научно-технические нормативы**. К таковым относятся нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС), а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды. В основу установления научно-технических нормативов положен следующий принцип: при условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

**Научно-техническое нормирование** предполагает введение ограничений деятельности хозяйственных объектов в отношении загрязнения окружающей среды, иными словами, определяет предельно допустимые потоки вредных веществ, которые могут поступать от источников воздействия в воздух, воду, почву. Таким образом, от предприятий требуется не собственно обеспечение тех или иных ПДК, а соблюдение пределов выбросов и сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или для конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированное превышение величин ПДК в окружающей среде *само по себе* не является нарушением со стороны предприятия, хотя, как правило, служит сигналом невыполнения установленных научно-технических нормативов (или свидетельством необходимости их пересмотра).

Нормирование качества вод

*Качество вод и виды водопользования*

Под **качеством воды** в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01–77), при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

**Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования** (ПДКв) – это 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.

**Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей** (ПДКвр) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

**Нормирование качества воды** состоит в установлении для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Правила охраны поверхностных вод устанавливают нормы качества воды водоемов и водотоков для условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Вещество, вызывающее нарушение норм качества воды, называют **загрязняющим**.

Виды водопользования

**Виды водопользования на водных объектах** определяются органами Министерства природных ресурсов РФ и Государственного комитета РФ по охране окружающей среды и подлежат утверждению органами местного самоуправления субъектов РФ.

К **хозяйственно-питьевому** водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности. В соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.559–96, *питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.*

К **культурно-бытовому** водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест, независимо от вида их использования объектами для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов.

Рыбохозяйственные водные объекты могут относиться к одной из трех категорий:

1. к ***высшей категории*** относят места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;
2. к ***первой категории*** относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;
3. ко ***второй категории*** относят водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде устанавливается:

1. для ***хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв)*** с учетом трех показателей вредности:
2. органолептического;
3. общесанитарного;
4. санитарно-токсикологического.
5. для ***рыбохозяйственного водопользования (ПДКвр)*** с учетом пяти показателей вредности:
6. органолептического;
7. санитарного;
8. санитарно-токсикологического;
9. токсикологического;
10. рыбохозяйственного.

**Органолептический** показатель вредности характеризует способность вещества изменять органолептические свойства воды. **Общесанитарный** – определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры. **Санитарно-токсикологический** показатель характеризует вредное воздействие на организм человека, а токсикологический – показывает токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект. **Рыбохозяйственный** показатель вредности определяет порчу качеств промысловых рыб.

Наименьшая из безвредных концентраций по трем (пяти) показателям вредности принимается за ПДК с указанием лимитирующего показателя вредности.

Рыбохозяйственные ПДК должны удовлетворять ряду условий, при которых не должны наблюдаться:

1. гибель рыб и кормовых организмов для рыб;
2. постепенное исчезновение видов рыб и кормовых организмов;
3. ухудшение товарных качеств обитающей в водном объекте рыбы;
4. замена ценных видов рыб на малоценные.

На качество природных вод влияют природные и антропогенные факторы.

*Формирование химического состава природных вод*

Формирование химического состава природных вод определяют в основном две группы факторов:

1. прямые факторы, непосредственно воздействующие на воду (т.е. действие веществ, которые могут обогащать воду растворенными соединениями или, наоборот, выделять их из воды): состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека;
2. косвенные факторы, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр.

*Таблица 1.1.* Факторы формирования химического состава природных вод

|  |  |
| --- | --- |
| Факторы формирования и результаты их воздействия | Виды природных вод |
| Атмосферные осадки (дождь, снег, иней, град) | Поверхностные воды суши (реки, ручьи, озера, болота) | Подземные воды |
| Прямые факторы формирования | почвы, породы, растения, соли солончаков, соли с поверхности льда, деятельность человека, космическая пыль, разряд атмосферного электричества (оксиды азота), вулканические газы, пыль | атмосферные осадки, почвы, породы, растения, подземные воды, сточные воды (промышленные, сельскохозяйственные, хозяйственно-бытовые) | поверхностные воды, почвы, породы, физико-химические процессы (растворение–осаждение, сорбция–десорбция и др.) |
| Результаты воздействия прямых факторов на состав воды | переход в растворимое состояние солей: поступление в атмосферу и образование в ней твердых и жидких аэрозолей и газов | поступление химических веществ в различных формах: взвешенные, коллоидные, растворенные (ионы, комплексные соединения, недиссоциированные соединения) | поступление химических веществ в растворенной форме, осаждение в результате физико-химических процессов |
| Косвенные факторы формирования | климат | климат, рельеф, растительность, водный режим | климат, рельеф, геологические условия, глубина залегания, температура и давление |
| Результат воздействия косвенных факторов на состав воды | обогащение атмосферных осадков химическими веществами в различных концентрациях в зависимости от климатических условий и интенсивности антропогенного воздействия в регионе | дифференциация поступления химических веществ в поверхностные воды в пространстве (географическая, климатическая зональность) и во времени (гидрохимический режим) | изменение химического состава воды по концентрации (минерализация) и соотношению компонентов (относительный состав) |

По характеру своего воздействия факторы, определяющие формирование химического состава природных вод, целесообразно разделить на следующие группы:

1. физико-географические (рельеф, климат, выветривание, почвенный покров);
2. геологические (состав горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия);
3. физико-химические (химические свойства элементов, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, смешение вод и катионный обмен);
4. биологические (деятельность растений и живых организмов);
5. антропогенные (все факторы, связанные с деятельностью человека).

Классификация вод по интегральным показателям качества

К категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов относят **гидрохимический индекс загрязнения воды ИЗВ** и **гидробиологический индекс сапробности S**.

Индекс загрязнения воды, как правило, рассчитывают по шести–семи показателям, которые можно считать гидрохимическими; часть из них (концентрация растворенного кислорода, водородный показатель **рН**, биологическое потребление кислорода БПК5) является обязательной.

**Ci** –концентрация компонента (в ряде случаев – значение параметра);

**N** – число показателей, используемых для расчета индекса;

**ПДКi** – установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы ([табл. 1.2](#table1.2)). Индексы загрязнения воды сравнивают для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени, и так далее).

*Таблица 1.2.* Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Воды | Значения ИЗВ | Классы качества вод |
| Очень чистые | до 0,2 | 1 |
| Чистые | 0,2–1,0 | 2 |
| Умеренно загрязненные | 1,0–2,0 | 3 |
| агрязненные | 2,0–4,0 | 4 |
| Грязные | 4,0–6,0 | 5 |
| Очень грязные | 6,0–10,0 | 6 |
| Чрезвычайно грязные | >10,0 | 7 |

****Из гидробиологических показателей качества в России наибольшее применение нашел так называемый индекс сапробности водных объектов, который рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне):

, где

Si – значение сапробности гидробионта, которое задается специальными таблицами;

hi – относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа);

N – число выбранных индикаторных организмов.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обусловливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее двенадцати индикаторных организмов с общим числом особей в поле наблюдения не менее тридцати.

В табл. 1.3 приведена классификация водных объектов по значению индекса сапробности S, которые также нормируются.

*Таблица 1.3.* Классы качества вод в зависимости от индексов сапробности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Уровень загрязненности | Зоны | Индексы сапробности S | Классы качества вод |
| Очень чистые | ксеносапробная | до 0,50 | 1 |
| Чистые | олигосапробная | 0,50–1,50 | 2 |
| Умеренно загрязненные | a-мезосапробная | 1,51–2,50 | 3 |
| Тяжело загрязненные | b-мезосапробная | 2,51–3,50 | 4 |
| Очень тяжело загрязненные | полисапробная | 3,51–4,00 | 5 |
| Очень грязные | полисапробная | >4,00 | 6 |

Индекс загрязнения воды и индекс сапробности следует отнести к интегральным характеристикам состояния. Уровень загрязненности и класс качества водных объектов иногда устанавливают в зависимости от микробиологических показателей (табл. 1.4).

*Таблица 1.4*. Классы качества воды по микробиологическим показателям

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень загрязненности и класс качества вод | Микробиологические показатели |
| Общее число бактерий,106 клеток/мл | Число сапрофитных бактерий,1000 клеток/мл | Отношение общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий |
| Очень чистые, I | <0,5 | <0,5 | <1000 |
| Чистые, II | 0,5–1,0 | 0,5–5,0 | >1000 |
| Умеренно загрязненные, III | 1,1–1,3 | 5,1–10,0 | 1000–100 |
| Загрязненные, IV | 3,1–5,0 | 10,1–50,0 | <100 |
| Грязные, V | 5,1–10,0 | 50,1–100,0 | <100 |
| Очень грязные, VI | >10,0 | >1000 | <100 |

Часть 2. Экологический мониторинг поверхностных водных объектов в Российской Федерации

Структура государственного экологического мониторинга

В настоящее время в рамках проекта ООН создана глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС), частью которой является программа, посвященная водным проблемам – ГСМОС (Вода) – с центром в Канаде. В программе ГСМОС (Вода) активное участие принимают 4 специализированных учреждения ООН: Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Всемирная метеорологическая организация (ВМО) и Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО).

Задачами программы ГСМОС (Вода) является следующее:

1. мониторинг распространения и трансформации загрязняющих веществ в водной среде;
2. оповещение о серьезном нарушении состояния водных объектов;
3. напоминание правительствам о необходимости принятия мероприятий по охране, восстановлению и улучшению окружающей среды.

Программа ГСМОС (Вода) включает 7 основных пунктов:

1. создание всемирной сети станций мониторинга;
2. разработка единой методики отбора и анализа проб воды;
3. осуществление контроля за точностью данных;
4. использование современных систем хранения и распространения информации;
5. организация повышения квалификации для специалистов;
6. подготовка методических справочников;
7. обеспечение необходимым оборудованием (в отдельных случаях).

В 1972 г. на базе станций гидрометеослужбы организована Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды (ОГСНК), построенная по иерархическому принципу:



ОГСНК состоит из **нескольких уровней**:

1. станций наблюдения (первичных пунктов), осуществляющих наблюдения, определенную обработку и обобщение данных;
2. территориальных и региональных центров, осуществляющих обобщения, анализ материалов, составление местных прогнозов и оценку состояния окружающей среды по своей территории;
3. высшего Гидрометцентра и других головных центров (НИИ).

В обработанном и систематизированном виде полученная информация представлена в кадастровых изданиях, таких как “Ежегодные данные о составе и качестве поверхностных вод суши” (по гидрохимическим и гидробиологическим показателям).

*Государственный водный кадастр (ГВК)*

Государственный водный кадастр представляет собой систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны, включающий количественные и качественные показатели, данные регистрации водопользователей и учета использования вод. Ведение ГВК предусмотрено “Водным законодательством РФ”. Основная задача ГВК – обеспечение народного хозяйства необходимыми данными о водных ресурсах, водных объектах, режиме, качестве и использовании природных вод, а также водопользователях.

Государственному учету и включению в государственный водный кадастр подлежат все воды единого государственного фонда. К ним относятся:

1. воды рек, озер, водохранилищ и других поверхностных водоемов и водных источников, включая воды каналов и прудов;
2. ледники и подземные воды;
3. внутренние моря и другие внутренние морские воды;
4. территориальные воды (территориальное море).

Учет поверхностных вод суши по качественным показателям осуществляется в рамках ОГСНК. Основными требованиями к гидрохимической сети применительно к государственному учету вод являются следующие:

1. строгая увязка сети пунктов (створов) гидрохимических наблюдений с размещением на них водопользователей, особенно водопользователей с водоемкими производствами;
2. достаточная полнота пространственного охвата водных объектов сетью наблюдений, обеспечивающих получение соответствующей информации о качестве забираемых водопользователями поверхностных вод, а также данных об изменении качества воды в результате водопользования;
3. достаточная частота наблюдений во времени;
4. строгая увязка перечня определяемых загрязняющих веществ и показателей загрязнения в воде водоема или водотока со спецификой состава сточных вод, сбрасываемых в водный объект основными водопользователями.

Публикуемая часть ГВК имеет следующую структуру:

1. поверхностные воды (реки и каналы; озера и водохранилища; качество вод суши; селевые потоки; ледники, моря и устья рек);
2. подземные воды;
3. использование вод.

Каждый из трех перечисленных разделов подразделяется на три серии:

1. каталожные данные (разовое издание);
2. ежегодные данные (ежегодное издание);
3. многолетние данные (издаются один раз в 5 лет).

Помимо ОГСНК Росгидромета (Комитета России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) экологический мониторинг осуществляется целым рядом служб, министерств и ведомств, таких как Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды (Госкомэкология России), Министерство природных ресурсов РФ, Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, Департамент государственного санитарно-эпидемиологического надзора (Госсанэпиднадзор) при Министерстве здравоохранения РФ, Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии (Госстандарт РФ), Федеральная служба лесного хозяйства.

Распределение функций мониторинга по различным ведомствам, не связанным между собой, приводит к дублированию усилий, снижает эффективность всей системы мониторинга и затрудняет доступ к необходимой информации как для граждан, так и для государственных организаций. Поэтому в 1993 году было принято решение о создании **Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ),** которая должна объединить возможности и усилия многочисленных служб для решения задач комплексного наблюдения, оценки и прогноза состояния среды в РФ.

ЕГСЭМ как центр единой научно-технической политики в области экологического мониторинга должна обеспечивать:

1. координацию разработки и выполнения программ наблюдений за состоянием окружающей среды;
2. регламентацию и контроль сбора и обработки достоверных и сопоставимых данных;
3. хранение информации, ведение специальных банков данных и их гармонизацию (согласование, телекоммуникационную связь) с международными эколого-информационными системами;
4. деятельность по оценке и прогнозу состояния объектов окружающей природной среды, природных ресурсов, откликов экосистем и здоровья населения на антропогенное воздействие;
5. доступность интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей.

ЕГСЭМ должна сохранить структуру ОГСНК.

Виды наблюдений за качеством поверхностных вод ОГСНК

В рамках ОГСНК проводят:

1. наблюдения за уровнем загрязненности поверхностных вод по физическим, химическим, гидрологическим и гидробиологическим показателям в режимных пунктах;
2. наблюдения, предназначенные для решения специальных задач.

Каждый из этих видов наблюдений осуществляется в результате:

1. предварительных (рекогносцировочных) наблюдений и исследований на водных объектах или их участках;
2. систематических наблюдений на водных объектах в выбранных пунктах.

Основные задачи наблюдений за качеством поверхностных вод в системе ОГСНК

Основные задачи систематических наблюдений за качеством поверхностных вод в системе ОГСНК можно сформулировать следующим образом:

1. систематическое получение как отдельных, так и осредненных во времени и пространстве данных о качестве воды;
2. обеспечение хозяйственных органов, а также заинтересованных организаций систематической информацией и прогнозами изменения гидрохимического режима и качества воды водоемов и водотоков и экстренной информацией о резких изменениях загрязненности воды.

Порядок организации и проведения наблюдений в пунктах режимных работ определены ГОСТом 17.1.3.07–82 и Методическими указаниями.

К задачам специальных наблюдений и исследований, определяемым в каждом конкретном случае, относятся:

1. установление основных закономерностей процессов самоочищения;
2. определение влияния накопленных в донных отложениях загрязняющих веществ на качество воды;
3. составление балансов химических веществ водоемов или участков водотоков;
4. оценка выноса химических веществ через замыкающий створ рек;
5. оценка выноса химических веществ с коллекторно-дренажными водами и др.

Организация сети пунктов наблюдений за поверхностными водными объектами

Для проведения мониторинга **вод суши** организуются:

1. **стационарная сеть пунктов** наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод;
2. **специализированная сеть пунктов** для решения научно-исследовательских задач;
3. **временная экспедиционная сеть** пунктов.

В основе организации и проведения наблюдений за качеством поверхностных вод лежат следующие принципы: **комплексность** и **систематичность наблюдений**, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определение показателей качества воды едиными методами. Соблюдение этих принципов достигается установлением программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичности проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым или обеспечивающим требуемую точность методикам.

Сеть ***гидрохимических*** наблюдений должна охватывать

1. **в пространстве:**
2. по возможности все водные объекты, расположенные на территории изучаемого бассейна;
3. всю длину водотока с определением влияния наиболее крупных его притоков и сброса сточных вод в него;
4. всю акваторию водоема с определением влияния на него наиболее крупных притоков и сброса в него сточных вод;
5. **во времени:**
6. все фазы гидрологического режима (весеннее половодье, летнюю межень, летние и осенние дождевые паводки, ледостав, зимнюю межень);
7. различные по водности годы (многоводные, средние по водности и маловодные);
8. суточные изменения химического состава воды;
9. катастрофические сбросы сточных вод в водные объекты.

Установление местоположения створов в пунктах наблюдений

Под **пунктом наблюдения** следует понимать место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Пункты наблюдений организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое народнохозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. На не загрязненных сточными водами водоемах и водотоках или их участках создаются пункты для фоновых наблюдений.

Пункты наблюдений организуют на водоемах и водотоках в районах:

1. расположения городов и крупных поселков, сточные воды которых сбрасываются в водоемы и водотоки;
2. сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями, территориально производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;
3. мест нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
4. предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;
5. пересечения реками государственных границ;
6. замыкающих створов больших и средних рек;
7. устьев загрязненных притоков больших водоемов и водотоков.

Для изучения природных процессов и определения фонового состояния воды водоемов и водотоков пункты наблюдений создают также на не подверженных прямому антропогенному воздействию участках, в том числе на водоемах и водотоках, расположенных на территориях заповедников и национальных парков и являющихся уникальными природными образованиями.

В пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. Под **створом** понимают условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Местоположение створов устанавливают с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей и водопотребителей.

Один створ устанавливают ***на водотоках*** при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, на предплотинных участках рек, на замыкающих участках рек, в местах пересечения государственной границы.

При наличии организованного сброса сточных вод устанавливают на водотоках два створа и более. Один из них располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод), другие – ниже источника (или группы источников) загрязнения в месте полного смешения. Химический состав воды в пробе, отобранной в створе выше источника загрязнения, характеризует фоновые показатели качества воды водотока в данном пункте. Сравнение фоновых показателей с показателями качества воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения, позволяет судить о характере и степени загрязненности воды под влиянием источников загрязнения данного пункта. Изменение химического состава воды в пробах, отобранных в первом после сброса сточных вод створе и в расположенных ниже створах, дает возможность оценить самоочищающую способность водотока.

Верхний (первый) фоновый створ устанавливают в 1 км выше первого источника загрязнения. Выбор створов ниже источника (или группы источников) загрязнения осуществляют с учетом комплекса условий, влияющих на характер распространения загрязняющих веществ в водотоке. Необходимо, чтобы нижний створ характеризовал состав воды в целом по сечению, т.е. был расположен в месте достаточно полного (не менее 80%) смешения сточных вод с водой водотока.

На реках, где створ полного смешения находится далеко от источников загрязнения, процесс трансформации части загрязняющих веществ может завершиться до створа полного смешения и их влияние на физические свойства и химический состав воды в этом створе может быть не обнаружено. В этом случае створ устанавливают, исходя из интересов народного хозяйства, на ближайшем участке водопользования. На реках, используемых для нужд рыбного хозяйства, такой створ устанавливают не далее 0,5 км от места сброса сточных вод.

При наличии группы источников загрязнения верхний (фоновый) створ располагают выше первого источника, нижний – ниже последнего. Исходя из интересов народного хозяйства, между створами выше и ниже источников загрязнения могут быть установлены дополнительные створы, которые должны характеризовать влияние отдельных источников загрязнения.

Для наблюдений по водоему в целом с учетом геоморфологии береговой линии и других факторов устанавливают не менее трех створов, по возможности равномерно распределенных по акватории. При контроле на отдельных загрязненных участках водоемов створы устанавливают с учетом условий водообмена водоемов.

**На водоемах с интенсивным водообменом** (коэффициент водообмена более 5 раз в год) расположение створов аналогично расположению их на водотоках: один створ устанавливают в 1 км выше источника загрязнения, вне зоны его влияния, остальные створы (не менее двух) располагают ниже источника загрязнения на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязнения.

**На водоемах с умеренным** (от 0,1 до 5 раз в год) и **замедленным** (до 0,1 раз в год) **водообменом** один створ устанавливают вне зоны влияния источника или группы источников загрязнения, второй створ совмещают с местом сброса сточных вод, остальные створы (не менее двух) располагают параллельно второму по обе его стороны на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей загрязненной зоны).

**Количество вертикалей в створе** на водоеме определяется шириной зоны загрязненности: первую вертикаль располагают на расстоянии не далее 0,5 км от места сброса сточных вод или от берега, последнюю – непосредственно за границей зоны загрязнения.

**Количество вертикалей в створе** на водотокеопределяется условиями смешения речных вод со сточными водами или водами притоков: при неоднородности химического состава в створе устанавливают не менее трех вертикалей (на стержне и на расстоянии 3–5 м от берегов), при однородности химического состава – одну вертикаль (на стержне реки).

**Количество горизонтов на вертикали** определяется глубиной водоема или водотока в месте измерения: при глубине до 5 м устанавливается один горизонт (у поверхности – в 0,2–0,3 м от поверхности воды летом и у нижней поверхности льда зимой), при глубине от 5 до 10 м – два (у поверхности и в 0,5 м от дна), а при глубине более 10 м – три (дополнительно промежуточный, расположенный на половине глубины).

Программы наблюдений за качеством воды

Все пункты наблюдений за качеством воды водоемов и водотоков делят на 4 категории,определяемые частотой и детальностью программ наблюдений. Назначение и расположение пунктов контроля определяются правилами наблюдений за качеством воды водоемов и водотоков.

**Пункты первой категории** располагают на средних и больших водоемах и водотоках, имеющих важное народнохозяйственное значение:

1. в районах городов с населением свыше 1 млн. жителей;
2. в местах нереста и зимовья особо ценных видов промысловых рыб;
3. в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ;
4. в районах организованного сброса сточных вод, в результате которых наблюдается высокая загрязненность воды.

**Пункты второй категории** устраивают на водоемах и водотоках в пределах следующих участков:

1. в районах городов с населением от 0,5 до 1 млн. жителей;
2. в местах нереста и зимовья ценных видов промысловых рыб (организмов);
3. на важных для рыбного хозяйства предплотинных участках рек;
4. в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод;
5. при пересечении реками Государственной границы;
6. в районах со средней загрязненностью воды.

**Пункты третьей категории** располагают на водоемах и водотоках:

1. в районах городов с населением менее 0,5 млн. жителей;
2. на замыкающих участках больших и средних рек;
3. в устьях загрязненных притоков больших рек и водоемов;
4. в районах организованного сброса сточных вод, в результате чего наблюдается низкая загрязненность воды.

Пункты четвертой категории устанавливают:

1. на незагрязненных участках водоемов и водотоков,
2. на водоемах и водотоках, расположенных на территориях государственных заповедников и национальных парков.

Наблюдения за качеством воды ведут по определенным **видам программ**, которые выбирают в зависимости от категории пункта контроля. Периодичность проведения контроля по гидробиологическим и гидрохимическим показателям устанавливают в соответствии с категорией пункта наблюдений. При выборе программы контроля учитывают целевое использование водоема или водотока, состав сбрасываемых сточных вод, требования потребителей информации.

Параметры, определение которых предусмотрено **обязательной программой** наблюдений за качеством поверхностных вод по гидрохимическим и гидрологическим показателям, приведены в табл. 2.1.

*Таблица 2.1.* Параметры, определение которых предусмотрено обязательной программой наблюдений

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Единицы измерения |
| 1 | 2 |
| Расход воды (на водотоках) | м3/с |
| Скорость течения воды (на водотоках) | м/с |
| Уровень воды (на водоемах) | м |
| Визуальные наблюдения | – |
| Температура | С |
| Цветность | градусы |
| Прозрачность | см |
| Запах | баллы |
| Кислород | мг/дм3 |
| Диоксид углерода | мг/дм3 |
| Взвешенные вещества | мг/дм3 |
| Водородный показатель (рH) | – |
| Окислительно-восстановительный потенциал (Еh) | мВ |
| Хлориды (Cl-) | мг/дм3 |
| Сульфаты (SO42-) | мг/дм3 |
| Гидрокарбонаты (HCO3-) | мг/дм3 |
| Кальций (Ca2+) | мг/дм3 |
| Магний (Mg2+) | мг/дм3 |
| Натрий (Na+) | мг/дм3 |
| Калий (К+) | мг/дм3 |
| Сумма ионов (и) | мг/дм3 |
| Аммонийный азот (NH4+) | мг/дм3 |
| Нитритный азот (NO2-) | мг/дм3 |
| Нитратный азот (NO3-) | мг/дм3 |
| Минеральный фосфор (PO43-) | мг/дм3 |
| Железо общее  | мг/дм3 |
| Кремний  | мг/дм3 |
| БПК5  | мг О2/дм3 |
| ХПК | мг О/дм3 |
| Нефтепродукты  | мг/дм3 |
| СПАВ  | мг/дм3 |
| Фенолы (летучие) | мг/дм3 |
| Пестициды  | мг/дм3 |
| Тяжелые металлы | мг/дм3 |

Наблюдения по обязательной программе на водотоках осуществляют, как правило, 7 раз в год в основные фазы водного режима: во время половодья – на подъеме, пике и спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка; осенью – перед ледоставом; во время зимней межени.

В водоемах качество воды исследуют при следующих гидрологических ситуациях: зимой при наиболее низком уровне и наибольшей толщине льда; в начале весеннего наполнения водоема; в период максимального наполнения; в летне-осенний период при наиболее низком уровне воды.

**Сокращенную программу** наблюдений за качеством поверхностных вод по гидрологическим и гидрохимическим показателям подразделяют на три вида:

1. **Первая программа** предусматривает определение расхода воды (на водотоках), уровня воды (на водоемах), температуры, концентрации растворенного кислорода, удельной электропроводности, визуальные наблюдения.
2. **Вторая программа** предусматривает определение расхода воды (на водотоках), уровня воды (на водоемах), температуры, **рН**, удельной электропроводности, концентрации взвешенных веществ, ХПК, БПК5, концентрации 2–3 загрязняющих веществ, основных для воды в данном пункте контроля, визуальные наблюдения.
3. **Третья программа** предусматривает определение расхода воды, скорости течения (на водотоках), уровня воды (на водоемах), температуры, **рН**, концентрации взвешенных веществ, концентрации растворенного кислорода, БПК5, концентрации всех загрязняющих воду в данном пункте контроля веществ, визуальные наблюдения.

Гидрохимические показатели качества природных вод в пунктах контроля сопоставляют с установленными нормами качества воды.

Программы и периодичность наблюдений по гидрохимическим показателям для пунктов различных категорий приведены в табл. 2.2.

*Таблица 2.2.* Программы и периодичность наблюдений для пунктов различных категорий

|  |  |
| --- | --- |
| Периодичность проведения контроля | Категория пунктов наблюдений |
| I | II | III | IV |
| Ежедневно | Сокращенная программа 1 | Визуальные наблюдения | – | – |
| Ежедекадно | Сокращенная программа 2 | Сокращенная программа 1 | – | – |
| Ежемесячно | Сокращенная программа 3 | – |
| В основные фазы водного режима | Обязательная программа |

Внедрение в систему наблюдений за качеством воды гидробиологических методов позволяет непосредственно выяснить состав и структуру сообществ гидробионтов.

**Полная программа** наблюдений за качеством поверхностных вод по **гидробиологическим показателям** предусматривает:

1. исследование *фитопланктона* – общей численности клеток, числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видови видов-индикаторов сапробности;
2. исследование *зоопланктона* – общей численности организмов, общего числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видови видов-индикаторов сапробности;
3. исследование *зообентоса* – общей численности, общей биомассы, общего числа видов, числа групп по стандартной разработке, числа видов в группе, числа основных групп, биомассы основных групп, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;
4. исследование *перифитона –* общего числа видов, массовых видов, частоты встречаемости, сапробности;
5. определение *микробиологических показателей –* общего числа бактерий, числа сапрофитных бактерий, отношения общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий;
6. изучение *фотосинтеза* фитопланктона и *деструкции* органического вещества, определение отношения интенсивности фотосинтеза к деструкции органического вещества, содержания хлорофилла;
7. исследование *макрофитов* – проективного покрытия опытной площадки, характера распространения растительности, общего числа видов, преобладающих видов (наименования, проективного покрытия, фенофазы, аномальных признаков).

**Сокращенная программа** наблюдений за качеством поверхностных вод по гидробиологическим показателям предусматривает исследование:

1. *фитопланктона* – общей численности клеток, общего числа видов, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;
2. *зоопланктона* – общей численности организмов, общего числа видов, массовых видови видов-индикаторов сапробности;
3. *зообентоса* – общей численности групп по стандартной разработке, числа видов в группе, числа основных групп, массовых видов и видов-индикаторов сапробности;
4. *перифитона –* общего числа видов, массовых видов, сапробности, частоты встречаемости.

Программы и периодичность наблюдений по гидробиологическим показателям для станций различных категорий приведены в табл. 2.3.

*Таблица 2.3.* Периодичность проведения наблюдений по гидробиологическим показателям и виды программ

|  |  |
| --- | --- |
| Периодичность проведения наблюдений | Категория пункта наблюдений |
| I | II | III | IV |
| Ежемесячно | Сокращенная программа | Сокращенная программа | Сокращенная программа (контроль в вегетационный период) | – |
| Ежеквартально | Полная программа |

Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод

*Минерализация*

Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ; обычно выражается в мг/дм3 (до 1000 мг/дм3) и ‰ (промилле или тысячная доля при минерализации более 1000 мг/дм3).

*Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство рек имеет минерализацию от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен. Их удельная электропроводность варьирует от 30 мкСм/см до 1500 мкСм/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется в интервале от 40–50 мг/дм3 до 650 г/кг (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм3) составляет величины 20–120 мкСм/см.*

Многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения предъявляют определенные требования к качеству вод, в частности, к минерализации, так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв.

*Таблица 3.1.* Классификация природных вод по минерализации

|  |  |
| --- | --- |
| Категория вод | Минерализация, г/дм3 |
| Ультрапресные | <0,2 |
| Пресные | 0,2–0,5 |
| Воды с относительно повышенной минерализацией | 0,5–1,0 |
| Солоноватые | 1,0–3,0 |
| Соленые | 3–10 |
| Воды повышенной солености | 10–35 |
| Рассолы | >35 |

*В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм3. По согласованию с органами департамента санэпиднадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из артезианских скважин), допускается увеличение минерализации до 1500 мг/дм3).*

*Электропроводность*

Электропроводность – это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость природной воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Природные воды представляют в основном смешанные растворы сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы **Na+**, **K+**, **Ca2+**, **Cl-**, **SO42-**, **HCO3-**. Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например **Fe3+, Fe2+, Mn2+, Al3+, NO3-, HPO42-, H2PO4-**, не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод). По значениям электропроводности природной воды можно приближенно судить о минерализации воды с помощью предварительно установленных зависимостей.

Затруднения, возникающие при оценке суммарного содержания минеральных веществ (минерализации) по удельной электропроводности, связаны с неодинаковой удельной электропроводностью растворов различных солей, а также с повышением электропроводности при увеличении температуры.

*Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2 мСм/см (1000 мг/дм3) и 3 мСм/см (1500 мг/дм3) в случае как хлоридной (в пересчете на NaCl), так и карбонатной (в пересчете на CaCO3) минерализации.*

Величина удельной электропроводности служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод. Удельная электропроводность – удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия.

*Температура*

Температура воды в водоеме является результатом нескольких одновременно протекающих процессов, таких как солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентным перемешиванием вод и др. Обычно прогревание воды происходит сверху вниз. Годовые и суточные изменения температуры воды на поверхности и глубинах определяется количеством тепла, поступающего на поверхность, а также интенсивностью и глубиной перемешивания. Суточные колебания температуры могут составлять несколько градусов и обычно наблюдаются на небольшой глубине. На мелководье амплитуда колебаний температуры воды близка к перепаду температуры воздуха.

*В требованиях к качеству воды водоемов, используемых для купания, спорта и отдыха, указано, что летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет. В водоемах рыбохозяйственного назначения допускается повышение температуры воды в результате спуска сточных вод не более, чем на 5°С по сравнению с естественной температурой.*

Температура воды – важнейший фактор, влияющий на протекающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы, от которого в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения. Значения температуры используют для вычисления степени насыщения воды кислородом, различных форм щелочности, состояния карбонатно-кальциевой системы, при многих гидрохимических, гидробиологических, особенно лимнологических исследованиях, при изучении тепловых загрязнений.

*Взвешенные вещества (грубодисперсные примеси)*

Взвешенные твердые вещества, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и режимом стока, зависит от пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т.п.

Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для рекреационного использования по эстетическим соображениям.

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения содержание взвешенных веществ в результате спуска сточных вод не должно увеличиваться соответственно более, чем на 0,25 мг/дм3 и 0,75 мг/дм3. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/дм3 природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в пределах 5%.*

Определение количества взвешенных частиц важно проводить при контроле процессов биологической и физико-химической обработки сточных вод и при оценке состояния природных водоемов.

Грубодисперсные примеси определяют гравиметрическим методом после их отделения путем фильтрования через фильтр "синяя лента" (преимущественно для проб с прозрачностью менее 10 см).

Органолептические наблюдения

Метод определения состояния водного объекта путем непосредственного осмотра его. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и пр.

*Запах*

Свойство воды вызывать у человека и животных специфическое раздражение слизистой оболочки носовых ходов. Запах воды характеризуется интенсивностью, которую измеряют в баллах. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

На запах воды оказывают влияние состав содержащихся в ней веществ, температура, значения **рН**, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

*Таблица 3.2.*Определение интенсивности запаха воды

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оценка интенсивности запаха, баллы | Интенсивность запаха | Характер проявления запаха |
| 0 | никакого запаха | отсутствие ощутимого запаха |
| I | очень слабый | запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом |
| II | слабый | запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание |
| III | заметный | запах, легко обнаруживаемый, может быть причиной того, что вода неприятна для питья |
| IV | отчетливый | запах, обращающий на себя внимание, может заставить воздержаться от питья |
| V | очень сильный | запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья |

*Мутность*

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть.

*В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/дм3 по каолину.*

Мутность воды определяют турбидиметрически (по ослаблению проходящего через пробу света) путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результаты измерений выражают в мг/дм3 (при использовании основной стандартной суспензии каолина) или в ЕМ/дм3 (единицы мутности на дм3 при использовании основной стандартной суспензии формазина); 1,5 мг/дм3 каолина соответствует 2,6 ЕМ/дм3 формазина. Турбидиметрическое определение предназначено для вод, имеющих переменчивый состав и форму тонкодисперсных примесей. Если пробу предварительно не профильтровать, то турбидиметрически будут определены не только коллоидные, но и более грубодисперсные частицы.

*Цветность*

Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

*Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов.*

Различают "истинный цвет", обусловленный только растворенными веществами, и "кажущийся" цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной **pH**.

*Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. В соответствии с требованиями к качеству воды в зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см.*

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

*Прозрачность*

Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения.

Ослабление интенсивности света с глубиной в мутной воде приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды, стабилизирует стратификацию. Уменьшение потока света также снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема.

Определение прозрачности воды – обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

*Водородный показатель (рН)*

Содержание ионов водорода (гидроксония – **H3O+**) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:

**CO2 + H20  H+ + HCO3-  2 H+ + CO32- .**

Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:

**pH = -lg[H+].**

Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения **pH** тесно связаны с процессами фотосинтеза (при потреблении **CO2** водной растительностью высвобождаются ионы **ОН**-). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:

**Fe2+ + 2H2O  Fe(OH)2 + 2H+.**

*Значение pH в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5–8,5, в атмосферных осадках 4,6–6,1, в болотах 5,5–6,0, в морских водах 7,9–8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина pH для большинства речных вод составляет 6,8–7,4, летом 7,4–8,2. Величина pH природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна.*

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения, величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5.*

Величина **pH** воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины **pH** зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина **pH** воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

В водоеме можно выделить несколько этапов процесса его закисления. На первом этапе **рН** практически не меняется (ионы бикарбоната успевают полностью нейтрализовать ионы **Н+**). Так продолжается до тех пор, пока общая щелочность в водоеме не упадет примерно в 10 раз до величины менее 0,1 моль/дм3.

На втором этапе закисления водоема **рН** воды обычно не поднимается выше 5,5 в течение всего года. О таких водоемах говорят как об умеренно кислых. На этом этапе закисления происходят значительные изменения в видовом составе живых организмов.

На третьем этапе закисления водоема **рН** стабилизируется на значениях **рН**<5 (обычно **рН** 4,5), даже если атмосферные осадки имеют более высокие значения **рН**. Это связано с присутствием гумусовых веществ и соединений алюминия в водоеме и почвенном слое.

Природные воды в зависимости от рН рационально делить на семь групп (табл. 3.3).

*Таблица 3.3.* Группы природных вод в зависимости от рН

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа | рН | Примечание |
| Сильнокислые воды | <3 | результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды) |
| Кислые воды | 3–5 | поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ |
| Слабокислые воды | 5–6,5 | присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны) |
| Нейтральные воды | 6,5–7,5 | наличие в водах Ca(HCO3)2, Mg(HCO3)2 |
| Слабощелочные воды | 7,5–8,5 | наличие в водах Ca(HCO3)2, Mg(HCO3)2 |
| Щелочные воды | 8,5–9,5 | присутствие Na2CO3 или NaHCO3 |
| Сильнощелочные воды | 9,5 | присутствие Na2CO3 или NaHCO3 |

*Окислительно-восстановительный потенциал (Eh)*

Мера химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах. Значения окислительно-восстановительных (редокс) потенциалов выражаются в вольтах (милливольтах).

*В природной воде значение Eh колеблется от – 400 до + 700 мВ и определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов, и в условиях равновесия характеризует среду сразу относительно всех элементов, имеющих переменную валентность.*

Изучение редокс-потенциала позволяет выявить природные среды, в которых возможно существование химических элементов с переменной валентностью в определенной форме, а также выделить условия, при которых возможна миграция металлов.

Различают несколько основных типов геохимических обстановок в природных водах:

1. **окислительный** – характеризуемый значениями **Еh** + (100–150) мВ, присутствием свободного кислорода, а также целого ряда элементов в высшей форме своей валентности (**Fe3+**, **Mo6+**, **As5-**, **V5+**, **U6+**, **Sr2+**, **Cu2+**, **Pb4+**);
2. **переходный окислительно-восстановительный** – определяемый величинами **Еh** + (100–0) мВ, неустойчивым геохимическим режимом и переменным содержанием сероводорода и кислорода. В этих условиях протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов;
3. **восстановительный** – характеризуемый отрицательными значениями **Еh**. В подземных водах присутствуют металлы низких степеней валентности (**Fe2+**, **Mn2+**, **Mo4+**, **V4+**, **U4+**), а также сероводород.

*Кислотность*

Кислотность природных и сточных вод определяется их способностью связывать гидроксид-ионы. Расход гидроксида отражает **общую** кислотность воды. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного диоксида углерода. Естественную часть кислотности создают также гуминовые и другие слабые органические кислоты и катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органических оснований). В этих случаях **pH** воды не бывает ниже 4,5.

В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или их солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих случаях **pH** может быть ниже 4,5. Часть общей кислотности, снижающей **pH** до величин <4,5, называется **свободной**.

*Щелочность*

Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Щелочность обусловлена наличием в воде анионов слабых кислот (карбонатов, гидрокарбонатов, силикатов, боратов, сульфитов, гидросульфитов, сульфидов, гидросульфидов, анионов гуминовых кислот, фосфатов). Их сумма называется **общей щелочностью**. Ввиду незначительной концентрации трех последних ионов общая щелочность воды обычно определяется только анионами угольной кислоты (карбонатная щелочность). Анионы, гидролизуясь, образуют гидроксид-ионы:

**CO32- + H2O  HCO3- + OH-;**

**HCO3- + H2O  H2CO3 + OH-.**

Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1 дм3 воды. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, **pH** этих вод не превышает 8,3.

Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых на обработку вод для водоснабжения, а также при реагентной очистке некоторых сточных вод. Определение щелочности при избыточных концентрациях щелочноземельных металлов важно для установлении пригодности воды для ирригации. Вместе со значениями **рН** щелочность воды служит для расчета содержания карбонатов и баланса угольной кислоты в воде.

*Растворенный кислород*

Растворенный кислород находится в природной воде в виде молекул **O2**. На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести:

1. процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
2. выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза;
3. поступление в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта. Скорость этого процесса повышается с понижением температуры, с повышением давления и понижением минерализации. Аэрация – обогащение глубинных слоев воды кислородом – происходит в результате перемешивания водных масс, в том числе ветрового, вертикальной температурной циркуляции и т.д.

Фотосинтетическое выделение кислорода происходит при ассимиляции диоксида углерода водной растительностью (прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном). Процесс фотосинтеза протекает тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше биогенных (питательных) веществ (**P**, **N** и др.) в воде. Продуцирование кислорода происходит в поверхностном слое водоема, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоема и сезона может быть различной, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров).

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ: биологическое (дыхание организмов), биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ) и химическое (окисление **Fe2+**, **Mn2+**, **NO2-**, **NH4+**, **CH4**, **H2S**). Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Кроме того, уменьшение содержания кислорода в воде может происходить вследствие выделения его в атмосферу из поверхностных слоев и только в том случае, если вода при данных температуре и давлении окажется пересыщенной кислородом.

*В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах – от 0 до 14 мг/дм3 – и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания зависят от интенсивности процессов его продуцирования и потребления и могут достигать 2,5 мг/дм3 растворенного кислорода. В зимний и летний периоды распределение кислорода носит характер стратификации. Дефицит кислорода чаще наблюдается в водных объектах с высокими концентрациями загрязняющих органических веществ и в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ.*

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислородный режим оказывает глубокое влияние на жизнь водоема. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг/дм3. Понижение его до 2 мг/дм3 вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Неблагоприятно сказывается на состоянии водного населения и пересыщение воды кислородом в результате процессов фотосинтеза при недостаточно интенсивном перемешивании слоев воды.

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе, отобранной до 12 часов дня, не должно быть ниже 4 мг/дм3 в любой период года; для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже 4 мг/дм3 в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/дм3 – в летний.*

Определение кислорода в поверхностных водах включено в программы наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков. Содержание растворенного кислорода существенно для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме.

*Таблица 3.4.* Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень загрязненности воды и класс качества | Растворенный кислород |
| лето, мг/дм3 | зима, мг/дм3 | % насыщения |
| Очень чистые, I | 9 | 14–13 | 95 |
| Чистые, II | 8 | 12–11 | 80 |
| Умеренно загрязненные, III | 7–6 | 10–9 | 70 |
| Загрязненные, IV | 5–4 | 5–4 | 60 |
| Грязные, V | 3–2 | 5–1 | 30 |
| Очень грязные, VI | 0 | 0 | 0 |

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах его нормального содержания, называется степенью насыщения кислородом. Эта величина зависит от температуры воды, атмосферного давления и солености. Вычисляется по формуле:



, где

**M** – степень насыщения воды кислородом, %;

**а** – концентрация кислорода, мг/дм3;

**Р** – атмосферное давление в данной местности, Па;

**N** – нормальная концентрация кислорода при данной температуре, минерализации (солености) и общем давлении 101308 Па.

*Жесткость*

Жесткость воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция и магния. Суммарное содержание этих солей называют **общей жесткостью**. Общая жесткость подразделяется на **карбонатную**, обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при рН 8,3) кальция и магния, и **некарбонатную** – концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Поскольку при кипячении воды гидрокарбонаты переходят в карбонаты, которые выпадают в осадок, карбонатную жесткость называют **временной** или **устранимой**. Остающаяся после кипячения жесткость называется постоянной. *Результаты определения жесткости обычно выражают в мг-экв/дм3*.

В естественных условиях ионы кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами и других процессов растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов являются также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

*Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/дм3 считается мягкой, от 4 до 8 мг-экв/дм3 – средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв/дм3 – жесткой и выше 12 мг-экв/дм3 – очень жесткой. Общая жесткость колеблется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/дм3, причем карбонатная жесткость составляет до 70–80% от общей жесткости.*

Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70%); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50–60%. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/дм3). Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения.

*Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 10,0 мг-экв/дм3. Особые требования предъявляются к технической воде (из-за образования накипи).*

*Окисляемость перманганатная и бихроматная (ХПК)*

Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая. Наиболее высокая степень окисления достигается методами бихроматной и иодатной окисляемости воды.

Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 дм3 воды.

Состав органических веществ в природных водах формируется под влиянием многих факторов. К числу важнейших относятся внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и трансформации, поступления из других водных объектов, с поверхностными и подземными стоками, с атмосферными осадками, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Образующиеся в водоеме и поступающие в него извне органические вещества весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам, в том числе по устойчивости к действию разных окислителей. Соотношение содержащихся в воде легко- и трудноокисляемых веществ в значительной мере влияет на окисляемость воды в условиях того или иного метода ее определения.

В поверхностных водах органические вещества находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях. Последние в рутинном анализе отдельно не учитываются, поэтому различают окисляемость фильтрованных (растворенное органическое вещество) и нефильтрованных (общее содержание органических веществ) проб.

*Величины окисляемости природных вод изменяются в пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов в литре в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также от влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т.п. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 дм3), исключение составляют воды нефтяных месторождений и грунтовые воды, питающиеся за счет болот. Горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2–3 мг О/дм3, реки равнинные – 5–12 мг О/дм3, реки с болотным питанием – десятки миллиграммов на 1 дм3.*

Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность (табл. 3.5).

*Таблица 3.5.* Физико-географическая зональность природных вод

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Окисляемость | мг О/дм3 | Зона |
| Очень малая | 0–2 | Высокогорье |
| Малая | 2–5 | Горные районы |
| Средняя | 5–10 | Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра |
| Повышенная | 15–20 | Северная и южная тайга |

Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется, с одной стороны, гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением органических веществ с водосбора, с другой, – гидробиологическим режимом.

В водоемах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять **перманганатную окисляемость**; в более загрязненных водах определяют, как правило, **бихроматную окисляемость** (ХПК).

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/дм3; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/дм3.*

В программах мониторинга ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока.

*Таблица 3.6.* Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязненности

|  |  |
| --- | --- |
| Степень загрязнения (классы водоемов) | ХПК, *мг О/дм3* |
| Очень чистые | 1 |
| Чистые | 2 |
| Умеренно загрязненные | 3 |
| Загрязненные | 4 |
| Грязные | 5–15 |
| Очень грязные | >15 |

Для вычисления концентрации углерода, содержащегося в органических веществах, значение ХПК (мг О/дм3) умножается на 0,375 (коэффициент, равный отношению количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода).

*Биохимическое потребление кислорода (БПК)*

Степень загрязнения воды органическими соединениями определяют как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях. Биохимическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся ("биологически мягким") веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются "биологически жесткие" вещества, такие как гидрохинон, сульфонол, неионогенные ПАВ и др.

*БПК5*

В лабораторных условиях наряду с БПКп определяется БПК5 – биохимическая потребность в кислороде за 5 суток.

*В поверхностных водах величины БПК5 изменяются обычно в пределах 0,5–4 мг O2/дм3 и подвержены сезонным и суточным колебаниям.*

Сезонные колебания зависят в основном от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2–3 раза при повышении температуры на 10oC. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Суточные колебания величин БПК5 также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг О2/дм3 в зависимости от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления. Весьма значительны изменения величин БПК5 в зависимости от степени загрязненности водоемов.

*Таблица 3.7.* Величины БПК5 в водоемах с различной степенью загрязненности

|  |  |
| --- | --- |
| Степень загрязнения (классы водоемов) | БПК5, мг O2/дм3 |
| Очень чистые | 0,5–1,0 |
| Чистые | 1,1–1,9 |
| Умеренно загрязненные | 2,0–2,9 |
| Загрязненные | 3,0–3,9 |
| Грязные | 4,0–10,0 |
| Очень грязные | 10,0 |

Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, БПК5 составляет обычно около 70% БПКп.

*В зависимости от категории водоема величина БПК5 регламентируется следующим образом: не более 3 мг O2/дм3 для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг O2/дм3 для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования. Для морей (I и II категории рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде (БПК5) при 20оС не должна превышать 2 мг O2/дм3.*

Определение БПК5 в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Необходимо использовать величины БПК5 при контролировании эффективности работы очистных сооружений.

*БПКп*

Полным биохимическим потреблением кислорода (БПКп) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют БПК20, считая, что эта величина близка к БПКп.

*Полная биологическая потребность в кислороде БПКп для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения (I и II категории) при 20оС не должна превышать 3 мг O2/дм3.*

Часть 4. Неорганические вещества в водных системах

*Кальций*

Главными источниками поступления кальция в поверхностные воды являются процессы химического выветривания и растворения минералов, прежде всего известняков, доломитов, гипса, кальцийсодержащих силикатов и других осадочных и метаморфических пород.

**CaCO3 + CO2 + H2O  Са(HCO3)2  Ca2+ + 2HCO3-**

Растворению способствуют микробиологические процессы разложения органических веществ, сопровождающиеся понижением **рН**.

Большие количества кальция выносятся со сточными водами силикатной, металлургической, стекольной, химической промышленности и со стоками сельскохозяйственных угодий, особенно при использовании кальцийсодержащих минеральных удобрений.

Характерной особенностью кальция является склонность образовывать в поверхностных водах довольно устойчивые пересыщенные растворы **CaCO3**. Ионная форма (**Ca2+**) характерна только для маломинерализованных природных вод. Известны довольно устойчивые комплексные соединения кальция с органическими веществами, содержащимися в воде. В некоторых маломинерализованных окрашенных водах до 90-100% ионов кальция могут быть связаны гумусовыми кислотами.

*В речных водах содержание кальция редко превышает 1 г/дм3. Обычно же его концентрации значительно ниже.*

Концентрация кальция в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям. В период понижения минерализации (весной) ионам кальция принадлежит преобладающая роль, что связано с легкостью выщелачивания растворимых солей кальция из поверхностного слоя почв и пород.

*ПДКвр кальция составляет 180 мг/дм3.*

Довольно жесткие требования к содержанию кальция предъявляются к водам, питающим паросиловые установки, поскольку в присутствии карбонатов, сульфатов и ряда других анионов кальций образует прочную накипь. Данные о содержании кальция в водах необходимы также при решении вопросов, связанных с формированием химического состава природных вод, их происхождением, а также при исследовании карбонатно-кальциевого равновесия.

*Магний*

В поверхностные воды магний поступает в основном за счет процессов химического выветривания и растворения доломитов, мергелей и других минералов. Значительные количества магния могут поступать в водные объекты со сточными водами металлургических, силикатных, текстильных и других предприятий.

*В речных водах содержание магния обычно колеблется от нескольких единиц до десятков миллиграммов в 1 дм3.*

Содержание магния в поверхностных водах подвержено заметным колебаниям: как правило, максимальные концентрации наблюдаются в меженный период, минимальные — в период половодья.

*ПДКвр ионов Мg2+ составляет 40 мг/дм3.*

*Кремний*

Кремний является постоянным компонентом химического состава природных вод. Этому способствует в отличие от других компонентов повсеместная распространенность соединений кремния в горных породах, и только малая растворимость последних объясняет малое содержание кремния в воде.

Главным источником соединений кремния в природных водах являются процессы химического выветривания и растворения кремнийсодержащих минералов, например алюмосиликатов:

**KMg3AlSi3O10(OH)2+7H2CO3+1/2H2O  K++3Mg2++7HCO3-+2H4SiO4+1/2Al2Si2O5(OH)4.**

Значительные количества кремния поступают в природные воды в процессе отмирания наземных и водных растительных организмов, с атмосферными осадками, а также со сточными водами предприятий, производящих керамические, цементные, стекольные изделия, силикатные краски, вяжущие материалы, кремнийорганический каучук и т.д.

Формы соединений, в которых находится кремний в растворе, весьма многообразны и меняются в зависимости от минерализации, состава воды и значений рН. Часть кремния находится в истинно растворенном состоянии в виде кремниевой кислоты и поликремниевых кислот:

**H4SiO4  H + H3SiO4-.**

*Таблица 4.1.* Соотношение форм производных кремниевой кислоты в воде в зависимости от значений рН, % количества вещества эквивалентов (К1 = 1,41·10-10)

|  |  |
| --- | --- |
| Форма | рН |
| 7 | 8 | 9 | 10 |
| [H4SiO4] | 99,9 | 98,6 | 87,7 | 41,5 |
| [H3SiO4-] | 0,1 | 1,4 | 12,3 | 58,5 |

Поликремниевые кислоты имеют переменный состав типа **mSiO2·nH2O**, где **m** и **n** — целые числа. Кроме того, кремний содержится в природных водах в виде коллоидов типа **xSiO2·yH2O**.

*Концентрация кремния в речных водах колеблется обычно от 1 до 20 мг/дм3; в подземных водах его концентрация возрастает от 20 до 30 мг/дм3, а в горячих термальных водах содержание кремния может достигать сотен миллиграммов в 1 дм3.*

Сравнительно малое содержание кремния в поверхностных водах, уступающее растворимости диоксида кремния (125 мг/дм3 при 26°С, 170 мг/дм3 при 38°С), указывает на наличие в воде процессов, уменьшающих его концентрацию. К ним надо отнести потребление кремния водными организмами, многие из которых, например диатомовые водоросли, строят свой скелет из кремния. Кроме того, кремниевая кислота как более слабая вытесняется из раствора угольной кислотой:

**Na4SiO4 + 4CO2 + 4H2O = H4SiO4 + 4NaHCO3.**

Неустойчивости кремния в растворе способствует и склонность кремниевой кислоты при определенных условиях переходить в гель.

Режим кремния в поверхностных водах до некоторой степени сходен с режимом соединений азота и фосфора, однако кремний никогда не лимитирует развитие растительности.

*ПДКв кремния равна 10 мг/дм3.*

*Углерод*

*Диоксид углерода*

Диоксид углерода содержится в воде в основном в виде растворенных молекул **CO2**, и лишь малая часть его (около 1%) при взаимодействии с водой образует угольную кислоту:

**CO2 + H2O  H2CO3.**

Диоксид углерода, гидрокарбонатные и карбонатные ионы являются основными компонентами карбонатной системы. В растворе между ними существует подвижное равновесие:

**H2CO3  Н+ + HCO3-  2Н+ + CO32-.**

Соотношение между компонентами в значительной мере определяется величиной **рН**. При **рН** 4,5 и ниже из всех компонентов карбонатного равновесия в воде присутствует только свободная углекислота. В интервале **рН** 6-10 гидрокарбонатные ионы являются основной формой производных угольной кислоты (максимальное их содержание при **рН** 8,3-8,4). При **рН** более 10,5 главной формой существования угольной кислоты являются карбонатные ионы.

Главным источником поступления оксида углерода в природные воды являются процессы биохимического распада органических остатков, окисления органических веществ, дыхания водных организмов.

Одновременно с процессами поступления значительная часть диоксида углерода потребляется при фотосинтезе, а также расходуется на растворение карбонатов и химическое выветривание алюмосиликатов:

**CaCO3 + CO2 + H2O  Ca(HCO3)2;**

**HSiO3- + CO2 + H2O  H2SiO3 + HCO3-.**

Уменьшение содержания диоксида углерода в воде происходит также в результате его выделения в атмосферу.

*Концентрация диоксида углерода в природных водах колеблется от нескольких десятых долей до 3-4 мг/дм3, изредка достигая величины 10-20 мг/дм3.*

Обычно весной и летом содержание диоксида углерода в водоеме понижается, а в осенне-зимний период увеличивается, достигая максимума в конце зимы. Диоксид углерода имеет исключительно важное значение для растительных организмов (как источник углерода). В то же время повышенные концентрации **CO2** угнетающе действуют на животные организмы. При высоких концентрациях **CO2** воды становятся агрессивными по отношению к металлам и бетону в результате образования растворимых гидрокарбонатов, нарушающих структуру этих материалов.

*Карбонаты*

Основным источником гидрокарбонатных и карбонатных ионов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения карбонатных пород типа известняков, мергелей, доломитов, например:

**CaCO3 + CO2 + H2O  Сa2+ + 2HCO3-;**

**MgCO3 + CO2 + H2O  Mg2+ + 2HCO3-.**

Некоторая часть гидрокарбонатных ионов поступает с атмосферными осадками и грунтовыми водами. Гидрокарбонатные и карбонатные ионы выносятся в водоемы со сточными водами предприятий химической, силикатной, содовой промышленности и т.д.

По мере накопления гидрокарбонатных и особенно карбонатных ионов последние могут выпадать в осадок:

**Ca(HCO3)2  CaCO3 + H2O + CO2;**

**Сa2+ + CO32-  CaCO3.**

*В речных водах содержание гидрокарбонатных и карбонатных ионов колеблется от 30 до 400 мг HCO3-/дм3, в озерах — от 1 до 500 мг HCO3-/дм3, в морской воде — от 100 до 200 мг/дм3, в атмосферных осадках — от 30 до 100 мг/дм3, в грунтовых водах — от 150 до 300 мг/дм3, в подземных водах — от 150 до 900 мг/дм3.*

*Азот общий*

Под общим азотом понимают сумму минерального и органического азота в природных водах.

Азотсодержащие соединения находятся в поверхностных водах в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии и могут под влиянием многих физико-химических и биохимических факторов переходить из одного состояния в другое.

*Средняя концентрация общего азота в природных водах колеблется в значительных пределах и зависит от трофности водного объекта: для олиготрофных изменяется обычно в пределах 0,3-0,7 мг/дм3, для мезотрофных — 0,7-1,3 мг/дм3, для эвтрофных — 0,8-2,0 мг/дм3.*

*Сумма минерального азота*

Сумма минерального азота - это сумма аммонийного, нитратного и нитритного азота.

Повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает на свежее загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов — на загрязнение в предшествующее время. Все формы азота, включая и газообразную, способны к взаимным превращениям.

Аммиак

В природной воде аммиак образуется при разложении азотсодержащих органических веществ. Хорошо растворим в воде с образованием гидроксида аммония. О содержании аммиака в поверхностных водах (см. раздел “Аммоний”).

*ПДКв аммиака составляет 2,0 мг/дм3, ПДКвр — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

Аммоний

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм3 в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано главным образом с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности. В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм3 аммония, в бытовых стоках — 2-7 мг/дм3; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежесуточно поступает до 10 г аммонийного азота (на одного жителя).

При переходе от олиготрофных к мезо- и эвтрофным водоемам возрастают как абсолютная концентрация ионов аммония, так и их доля в общем балансе связанного азота.

*Концентрация аммония в питьевой воде не должна превышать 2 мг/дм3 по азоту. ПДКвр солевого аммония составляет 0,5 мг/дм3 по азоту (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм3 снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Признаки интоксикации — возбуждение, судороги, рыба мечется по воде и выпрыгивает на поверхность. Механизм токсического действия — возбуждение центральной нервной системы, поражение жаберного эпителия, гемолиз (разрыв) эритроцитов. Токсичность аммония возрастает с повышением **pH** среды.

*Таблица 4.2.* Содержание аммония в водоемах с различной степенью загрязненности

|  |  |
| --- | --- |
| Степень загрязнения (классы водоемов) | Аммонийный азот, мг/дм3 |
| Очень чистые | 0,05 |
| Чистые | 0,1 |
| Умеренно загрязненные | 0,2-0,3 |
| Загрязненные | 0,4-1,0 |
| Грязные | 1,1-3,0 |
| Очень грязные | >3,0 |

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

Нитраты

Присутствие нитратных ионов в природных водах связано с:

1. внутриводоемными процессами нитрификации аммонийных ионов в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий;
2. атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота (концентрация нитратов в атмосферных осадках достигает 0,9 - 1 мг/дм3);
3. промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, особенно после биологической очистки, когда концентрация достигает 50 мг/дм3;
4. стоком с сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами с орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения.

Главными процессами, направленными на понижение концентрации нитратов, являются потребление их фитопланктоном и денитрофицирующими бактериями, которые при недостатке кислорода используют кислород нитратов на окисление органических веществ.

В поверхностных водах нитраты находятся в растворенной форме. Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Амплитуда сезонных колебаний может служить одним из показателей эвтрофирования водного объекта.

*В незагрязненных поверхностных водах концентрация нитрат-ионов не превышает величины порядка десятков микрограммов в 1 дм3 (в пересчете на азот). С нарастанием эвтрофикации абсолютная концентрация нитратного азота и его доля в сумме минерального азота возрастают, достигая n·10-1 мг/дм3. В незагрязненных подземных водах содержание нитратных ионов обычно выражается сотыми, десятыми долями миллиграмма и реже единицами миллиграммов в 1 дм3. Подземные водоносные горизонты в большей степени подвержены нитратному загрязнению, чем поверхностные водоемы (т.к. отсутствует потребитель нитратов).*

Таблица 4.3. Значения предельно допустимых концентраций нитратов для овощей и фруктов, мг/кг

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Культура | ПДКпр. | Культура | ПДКпр. |
| Листовые овощи | 2000 | Картофель | 250 |
| Перец сладкий | 200 | Капуста ранняя | 900 |
| Кабачки | 400 | Морковь | 250 |
| Дыни | 90 | Томаты | 150 |
| Арбузы | 60 | Огурцы | 150 |
| Виноград столовый | 60 | Свекла столовая | 1400 |
| Яблоки | 60 | Лук репчатый | 80 |
| Груши | 60 | Лук перо | 600 |

При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих значительные количества нитратов (от 25 до 100 мг/дм3 по азоту), резко возрастает концентрация метгемоглобина в крови. Крайне тяжело протекают метгемоглобинемии у грудных детей (прежде всего, искусственно вскармливаемых молочными смесями, приготовленными на воде с повышенным — порядка 200 мг/дм3 — содержанием нитратов) и у людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Особенно в этом случае опасны грунтовые воды и питаемые ими колодцы, поскольку в открытых водоемах нитраты частично потребляются водными растениями.

Присутствие нитрата аммония в концентрациях порядка 2 мг/дм3 не вызывает нарушения биохимических процессов в водоеме; подпороговая концентрация этого вещества, не влияющая на санитарный режим водоема, 10 мг/дм3. Повреждающие концентрации соединений азота (в первую очередь, аммония) для различных видов рыб составляют величины порядка сотен миллиграммов в 1 дм3 воды.

В воздействии на человека различают первичную токсичность собственно нитрат-иона; вторичную, связанную с образованием нитрит-иона, и третичную, обусловленную образованием из нитритов и аминов нитрозаминов. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г; допустимое суточное потребление по рекомендациям ФАО/ВОЗ — 5 мг/кг массы тела.

Наряду с описанными эффектами воздействия немаловажную роль играет тот факт, что азот — это один из первостепенных биогенных (необходимых для жизни) элементов. Именно этим обусловлено применение соединений азота в качестве удобрений, но, с другой стороны, с этим связан вклад вынесенного с сельскохозяйственных земель азота в развитие процессов эвтрофикации (неконтролируемого роста биомассы) водоемов. Так, с одного гектара орошаемых земель выносится в водные системы 8-10 кг азота.

*ПДКв нитратов составляет 45 мг/дм3 (по NO3-) (тождественно равен стандарту США для питьевой воды), ПДКвр - 40 мг/дм3 (по NO3-) или 9,1 мг/дм3 (по азоту).*

Нитриты

Нитриты представляют собой промежуточную ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов (нитрификация — только в аэробных условиях) и, напротив, восстановления нитратов до азота и аммиака (денитрификация — при недостатке кислорода). Подобные окислительно-восстановительные реакции характерны для станций аэрации, систем водоснабжения и собственно природных вод. Кроме того, нитриты используются в качестве ингибиторов коррозии в процессах водоподготовки технологической воды и поэтому могут попасть и в системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Широко известно также применение нитритов для консервирования пищевых продуктов.

В поверхностных водах нитриты находятся в растворенном виде. В кислых водах могут присутствовать небольшие концентрации азотистой кислоты (**HNO2**) (не диссоциированной на ионы). Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления **NO2-** в **NO3-**, что указывает на загрязнение водного объекта, т.е. является важным санитарным показателем.

*Концентрация нитритов в поверхностных водах составляет сотые (иногда даже тысячные) доли миллиграмма в 1 дм3; в подземных водах концентрация нитритов обычно выше, особенно в верхних водоносных горизонтах (сотые, десятые доли миллиграмма в 1 дм3).*

Сезонные колебания содержания нитритов характеризуются отсутствием их зимой и появлением весной при разложении неживого органического вещества. Наибольшая концентрация нитритов наблюдается в конце лета, их присутствие связано с активностью фитопланктона (установлена способность диатомовых и зеленых водорослей восстанавливать нитраты до нитритов). Осенью содержание нитритов уменьшается.

Одной из особенностей распределения нитритов по глубине водного объекта являются хорошо выраженные максимумы, обычно вблизи нижней границы термоклина и в гиполимнионе, где концентрация кислорода снижается наиболее резко.

*Для нитритов ПДКв установлена в размере 3,3 мг/дм3 в виде иона NO2- или 1 мг/дм3 в пересчете на азот. ПДКвр - 0,08 мг/дм3 в виде иона NO2- или 0,02 мг/дм3 в пересчете на азот.*

В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды (ГСМОС/GEMS) нитрит- и нитрат-ионы входят в программы обязательных наблюдений за составом питьевой воды и являются важными показателями степени загрязнения и трофического статуса природных водоемов.

*Фосфор общий*

Под общим фосфором понимают сумму минерального и органического фосфора.

Так же, как и для азота, обмен фосфором между его минеральными и органическими формами с одной стороны, и живыми организмами — с другой, является основным фактором, определяющим его концентрацию.

*Таблица 4.4.* Формы фосфора в природных водах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Химические формы Р | Общий | Фильтруемый (растворенный) | Частицы |
| Общий | Общий растворенный и взвешенный фосфор | Общий растворенный фосфор | Общий фосфор в частицах |
| Ортофосфаты | Общий растворенный и взвешенный фосфор | Растворенные ортофосфаты | Ортофосфаты в частицах |
| Гидролизируемые кислотой фосфаты | Общие растворенные и взвешенные гидролизируемые кислотой фосфаты | Растворенные гидролизируемые кислотой фосфаты | Гидролизируемые кислотой фосфаты в частицах |
| Органический фосфор | Общий растворенный и взвешенный органический фосфор | Растворенный органический фосфор | Органический фосфор в частицах |

*Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах изменяется от 5 до 200 мкг/дм3*

Фосфор — важнейший биогенный элемент, чаще всего лимитирующий развитие продуктивности водоемов. Поэтому поступление избытка соединений фосфора с водосбора в виде минеральных удобрений с поверхностным стоком с полей (с гектара орошаемых земель выносится 0,4-0,6 кг фосфора), со стоками с ферм (0,01-0,05 кг/сут. на одно животное), с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами (0,003-0,006 кг/сут. на одного жителя), а также с некоторыми производственными отходами приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта (это особенно характерно для непроточных и малопроточных водоемов). Происходит так называемое изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов (и, соответственно, возрастанию мутности, солености, концентрации бактерий).

Один из вероятных аспектов процесса эвтрофикации — рост сине-зеленых водорослей (цианобактерий), многие из которых токсичны. Выделяемые этими организмами вещества относятся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений (нервно-паралитических ядов). Действие токсинов сине-зеленых водорослей может проявляться в возникновении дерматозов, желудочно-кишечных заболеваний; в особенно тяжелых случаях — при попадании большой массы водорослей внутрь организма — может развиваться паралич.

В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды (ГСМОС/GEMS) в программы обязательных наблюдений за составом природных вод включено определение содержания общего фосфора (растворенного и взвешенного, в виде органических и минеральных соединений). Фосфор является важнейшим показателем трофического статуса природных водоемов.

*Фосфор органический*

В этом разделе не рассматриваются синтезированные в промышленности фосфорорганические соединения. Природные соединения органического фосфора поступают в природные воды в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, обмена с донными отложениями.

Органические соединения фосфора присутствуют в поверхностных водах в растворенном, взвешенном и коллоидном состоянии.

*Фосфор минеральный*

Соединения минерального фосфора поступают в природные воды в результате выветривания и растворения пород, содержащих ортофосфаты (апатиты и фосфориты) и поступления с поверхности водосбора в виде орто-, мета-, пиро- и полифосфат-ионов (удобрения, синтетические моющие средства, добавки, предупреждающие образование накипи в котлах, и т.п.), а также образуются при биологической переработке остатков животных и растительных организмов. Избыточное содержание фосфатов в воде, особенно в грунтовой, может быть отражением присутствия в водном объекте примесей удобрений, компонентов хозяйственно-бытовых сточных вод, разлагающейся биомассы.

Основной формой неорганического фосфора при значениях **pH** водоема больше 6,5 является ион **HPO42-** (около 90%). В кислых водах неорганический фосфор присутствует преимущественно в виде **H2PO4-**.

*Концентрация фосфатов в природных водах обычно очень мала — сотые, редко десятые доли миллиграммов фосфора в 1 дм3, в загрязненных водах она может достигать нескольких миллиграммов в 1 дм3. Подземные воды содержат обычно не более 100 мкг/дм3 фосфатов; исключение составляют воды в районах залегания фосфорсодержащих пород.*

Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Минимальные концентрации фосфатов в поверхностных водах наблюдаются обычно весной и летом, максимальные — осенью и зимой, в морских водах — соответственно весной и осенью, летом и зимой.

Общее токсическое действие солей фосфорной кислоты возможно лишь при весьма высоких дозах и чаще всего обусловлено примесями фтора.

*В методике оценки экологической ситуации, принятой Госкомэкологией РФ, рекомендован норматив содержания растворимых фосфатов в воде — 50 мкг/дм3.*

Без предварительной подготовки проб колориметрически определяются неорганические растворенные и взвешенные фосфаты.

Полифосфаты

Полифосфаты можно описать следующими химическими формулами:

**Men(PO3)n, Men+2PnO3n+1, MenH2PnO3n+1.**

Полифосфаты применяются для умягчения воды, обезжиривания волокна, как компонент стиральных порошков и мыла, ингибитор коррозии, катализатор, в пищевой промышленности.

Полифосфаты малотоксичны. Токсичность полифосфатов объясняется их способностью к образованию комплексов с биологически важными ионами, особенно с кальцием.

*Установленное допустимое остаточное количество полифосфатов в воде хозяйственно-питьевого назначения составляет 3,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический).*

*Соединения серы*

*Сероводород и сульфиды*

Обычно в водах сероводород не содержится или же присутствует в незначительных количествах в придонных слоях, главным образом в зимний период, когда затруднена аэрация и ветровое перемешивание водных масс. Иногда сероводород появляется в заметных количествах в придонных слоях водоемов и в летнее время в периоды интенсивного биохимического окисления органических веществ. Наличие сероводорода в водах служит показателем сильного загрязнения водоема органическими веществами.

Сероводород в природных водах находится в виде недиссоциированных молекул **H2S**, ионов гидросульфида **HS-** и весьма редко — ионов сульфида **S2-**. Соотношение между концентрациями этих форм определяется значениями **рН** воды: при **рН** < 10 содержанием ионов сульфида можно пренебречь, при **рН** 7 содержание **H2S** и **HS-** примерно одинаково, при **рН** 4 сероводород почти полностью (99,8%) находится в молекулярной форме.

Главным источником сероводорода и сульфидов в поверхностных водах являются восстановительные процессы, протекающие при бактериальном разложении и биохимическом окислении органических веществ естественного происхождения, и веществ, поступающих в водоем со сточными водами (хозяйственно-бытовыми, предприятий пищевой, металлургической, химической промышленности, производства сульфатной целлюлозы (0,01-0,014 мг/дм3) и др.).

Особенно интенсивно процессы восстановления происходят в подземных водах и придонных слоях водоемов в условиях слабого перемешивания и дефицита кислорода. Значительные количества сероводорода и сульфидов могут поступать со сточными водами нефтеперерабатывающих заводов, с городскими сточными водами, водами производств минеральных удобрений.

Концентрация сероводорода в водах быстро уменьшается за счет окисления кислородом, растворенным в воде, и микробактериологических процессов (тионовыми, бесцветными и окрашенными серными бактериями). В процессе окисления сероводорода образуются сера и сульфаты. Интенсивность процессов окисления сероводорода может достигать 0,5 г сероводорода на 1 дм3 в сутки.

Причиной ограничения концентраций в воде является высокая токсичность сероводорода, а также неприятный запах, который резко ухудшает органолептические свойства воды, делая ее непригодной для питьевого водоснабжения и других технических и хозяйственных целей. Появление сероводорода в придонных слоях служит признаком острого дефицита кислорода и развития заморных явлений.

*Для водоемов санитарно-бытового и рыбохозяйственного пользования наличие сероводорода и сульфидов недопустимо.*

*Сульфаты*

Сульфаты присутствуют практически во всех поверхностных водах и являются одними из важнейших анионов.

Главным источником сульфатов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы:

**2FeS2 + 7O2 + 2H2O = 2FeSO4 + 2H2SO4;**

**2S + 3O2 + 2H2O = 2H2SO4.**

Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения и с подземным стоком.

В больших количествах сульфаты содержатся в шахтных водах и в промышленных стоках производств, в которых используется серная кислота, например, окисление пирита. Сульфаты выносятся также со сточными водами коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства.

Ионная форма **SO42-** характерна только для маломинерализованных вод. При увеличении минерализации сульфатные ионы склонны к образованию устойчивых ассоциированных нейтральных пар типа **CaSO4**, **MgSO4**.

Содержание сульфатных ионов в растворе ограничивается сравнительно малой растворимостью сульфата кальция (произведение растворимости сульфата кальция **L**=6,1·10-5). При низких концентрациях кальция, а также в присутствии посторонних солей концентрация сульфатов может значительно повышаться.

Сульфаты активно участвуют в сложном круговороте серы. При отсутствии кислорода под действием сульфатредуцирующих бактерий они восстанавливаются до сероводорода и сульфидов, которые при появлении в природной воде кислорода снова окисляются до сульфатов. Растения и другие автотрофные организмы извлекают растворенные в воде сульфаты для построения белкового вещества. После отмирания живых клеток гетеротрофные бактерии освобождают серу протеинов в виде сероводорода, легко окисляемого до сульфатов в присутствии кислорода.

*Концентрация сульфата в природной воде лежит в широких пределах. В речных водах и в водах пресных озер содержание сульфатов часто колеблется от 5-10 до 60 мг/дм3, в дождевых водах — от 1 до 10 мг/дм3. В подземных водах содержание сульфатов нередко достигает значительно больших величин.*

Концентрация сульфатов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям и обычно коррелирует с изменением общей минерализации воды. Важнейшим фактором, определяющим режим сульфатов, являются меняющиеся соотношения между поверхностным и подземным стоками. Заметное влияние оказывают окислительно-восстановительные процессы, биологическая обстановка в водном объекте и хозяйственная деятельность человека.

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека. Поскольку сульфат обладает слабительными свойствами, его предельно допустимая концентрация строго регламентируется нормативными актами. Весьма жесткие требования по содержанию сульфатов предъявляются к водам, питающим паросиловые установки, поскольку сульфаты в присутствии кальция образуют прочную накипь. Вкусовой порог сульфата магния лежит в пределах от 400 до 600 мг/дм3, для сульфата кальция — от 250 до 800 мг/дм3. Наличие сульфата в промышленной и питьевой воде может быть как полезным, так и вредным.

*ПДКв сульфатов составляет 500 мг/дм3, ПДКвр — 100 мг/дм3.*

Не замечено, чтобы сульфат в питьевой воде влиял на процессы коррозии, но при использовании свинцовых труб концентрация сульфатов выше 200 мг/дм3 может привести к вымыванию в воду свинца.

*Сероуглерод*

Сероуглерод представляет собой прозрачную летучую жидкость с резким запахом, которая может в больших количествах попадать в открытые водоемы со сточными водами комбинатов вискозного шелка, заводов искусственной кожи и ряда других производств.

При содержании сероуглерода в количестве 30-40 мг/дм3 наблюдается угнетающее влияние на развитие сапрофитной микрофлоры. Максимальная концентрация, не оказывающая токсического действия на рыб, составляет 100 мг/дм3.

Сероуглерод является политропным ядом, вызывающим острые и хронические интоксикации, поражает центральную и периферическую нервную систему, вызывает нарушения сердечно-сосудистой системы. Сероуглерод оказывает поражающее действие на органы желудочно-кишечного тракта и нарушает обмен витамина В6 и никотиновой кислоты.

*ПДКв — 1,0 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 1,0 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Натрий*

Натрий является одним из главных компонентов химического состава природных вод, определяющих их тип.

Основным источником поступления натрия в поверхностные воды суши являются изверженные и осадочные породы и самородные растворимые хлористые, сернокислые и углекислые соли натрия. Большое значение имеют также биологические процессы, протекающие на водосборе, в результате которых образуются растворимые соединения натрия. Кроме того, натрий поступает в природные воды с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами и с водами, сбрасываемыми с орошаемых полей.

*В поверхностных водах натрий мигрирует преимущественно в растворенном состоянии. Концентрация его в речных водах колеблется от 0,6 до 300 мг/дм3 в зависимости от физико-географических условий и геологических особенностей бассейнов водных объектов. В подземных водах концентрация натрия колеблется в широких пределах — от миллиграммов до граммов и десятков граммов в 1 дм3. Это определяется составом водовмещающих пород, глубиной залегания подземных вод и другими условиями гидрогеологической обстановки.*

*ПДКв натрия составляет 200 мг/дм3, ПДКвр — 120 мг/дм3.*

*Калий*

Калий — один из главных компонентов химического состава природных вод. Источником его поступления в поверхностные воды являются геологические породы (полевой шпат, слюда) и растворимые соли. Различные растворимые соединения калия образуются также в результате биологических процессов, протекающих в коре выветривания и почвах. Для калия характерна склонность сорбироваться на высокодисперсных частицах почв, пород, донных отложений и задерживаться растениями в процессе их питания, роста. Это приводит к меньшей подвижности калия по сравнению с натрием, и поэтому калий находится в природных водах, особенно поверхностных, в более низкой концентрации, чем натрий.

В природные воды калий поступает также с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами, а также с водой, сбрасываемой с орошаемых полей, и с поверхностным водным стоком с сельскохозяйственных угодий.

*Концентрация в речной воде обычно не превышает 18 мг/дм3, в подземных водах колеблется от миллиграммов до граммов и десятков граммов в 1 дм3, что определяется составом водовмещающих пород, глубиной залегания подземных вод и другими условиями гидрогеологической обстановки.*

*ПДКвр калия составляет 50 мг/дм3.*

*Фтор*

В речные воды фтор поступает из пород и почв при разрушении фторсодержащих минералов (апатит, турмалин) с почвогрунтовыми водами и при непосредственном смыве поверхностными водами. Источником фтора также служат атмосферные осадки. Повышенное содержание фтора может быть в некоторых сточных водах предприятий стекольной и химической промышленности (производство фосфорных удобрений, стали, алюминия), в некоторых видах шахтных вод и в сточных водах рудообогатительных фабрик.

В природных водах фтор находится в виде фторид-иона F- и комплексных ионов **[AlF6]3-**, **[FeF4]-**, **[FeF5]2-**, **[FeF6]3-**, **[CrF6]3-**, **[TiF6]2-** и др.

Миграционная способность фтора в природных водах в значительной степени зависит от содержания в них ионов кальция, дающих с ионами фтора малорастворимое соединение (произведение растворимости фторида кальция **L** = 4·10-11). Большую роль играет режим углекислоты, которая растворяет карбонат кальция, переводя его в гидрокарбонат. Повышенные значения **рН** способствуют увеличению подвижности фтора.

*Содержание фтора в речных водах колеблется от 0,05 до 1,9 мг/дм3, атмосферных осадках — от 0,05 до 0,54 мг/дм3, подземных водах — от 0,3 до 4,6 мг/дм3, иногда достигая насыщения по отношению к CaF2. В термальных водах концентрация фтора достигает в отдельных случаях 10 мг/дм3, в океанах фтора содержится до 1,3 мг/дм3.*

Фтор является устойчивым компонентом природных вод. Внутригодовые колебания концентрации фтора в речных водах невелики (обычно не более, чем в 2 раза). Фтор поступает в реки преимущественно с грунтовыми водами. Содержание фтора в паводковый период всегда ниже, чем в меженный, так как понижается доля грунтового питания.

Повышенные количества фтора в воде (более 1,5 мг/дм3) оказывают вредное действие на людей и животных, вызывая костное заболевание (флюороз). Содержание фтора в питьевой воде лимитируется. Однако очень низкое содержание фтора в питьевых водах (менее 0,01 мг/дм3) также вредно сказывается на здоровье, вызывая опасность заболевания кариесом зубов.

*ПДКв фтора составляет 1,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - санитарно-токсикологический).*

*Хлор*

Хлор, присутствующий в воде в виде хлорноватистой кислоты или иона гипохлорита, принято называть **свободным хлором**. Хлор, существующий в виде хлораминов (моно- и ди-), а также в виде треххлористого азота, называют **связанным хлором. Общий хлор** — это сумма свободного и связанного хлора.

Свободный хлор достаточно часто применяют для дезинфекции питьевой и сточной воды. В промышленности хлор используют при отбеливании в бумажном производстве, производстве ваты, для уничтожения паразитов в холодильных установках и т.д. При растворении хлора в воде образуются соляная и хлорноватистая кислоты:

**Cl2 + H2O  H+ + Cl- + HClO.**

В зависимости от условий, таких как **pH,** температура, количество органических примесей и аммонийного азота, хлор может присутствовать и в других формах, включая ион гипохлорита (**OCl-**) и хлорамины.

*Активный хлор должен отсутствовать в воде водоемов, лимитирующий показатель вредности общесанитарный.*

*Хлориды*

В речных водах и водах пресных озер содержание хлоридов колеблется от долей миллиграмма до десятков, сотен, а иногда и тысяч миллиграммов на литр. В морских и подземных водах содержание хлоридов значительно выше — вплоть до пересыщенных растворов и рассолов.

Хлориды являются преобладающим анионом в высокоминерализованных водах. Концентрация хлоридов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды.

Первичными источниками хлоридов являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (содалит, хлорапатит и др.), соленосные отложения, в основном галит. Значительные количества хлоридов поступают в воду в результате обмена с океаном через атмосферу, взаимодействия атмосферных осадков с почвами, особенно засоленными, а также при вулканических выбросах. Возрастающее значение приобретают промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды.

В отличие от сульфатных и карбонатных ионов хлориды не склонны к образованию ассоциированных ионных пар. Из всех анионов хлориды обладают наибольшей миграционной способностью, что объясняется их хорошей растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции взвешенными веществами и потреблением водными организмами. Повышенные содержания хлоридов ухудшают вкусовые качества воды, делают ее малопригодной для питьевого водоснабжения и ограничивают применение для многих технических и хозяйственных целей, а также для орошения сельскохозяйственных угодий. Если в питьевой воде есть ионы натрия, то концентрация хлорида выше 250 мг/дм3 придает воде соленый вкус. Концентрации хлоридов и их колебания, в том числе суточные, могут служить одним из критериев загрязненности водоема хозяйственно-бытовыми стоками.

*Нет данных о том, что высокие концентрации хлоридов оказывают вредное влияние на человека. ПДКв составляет 350 мг/дм3, ПДК вр — 300 мг/дм3.*

*Бром*

Источником поступления бромидов могут быть грунтовые или подземные воды либо сточные воды предприятий химической промышленности. Бромиды щелочных и щелочноземельных металлов (**NaBr**, **KBr**, **MgBr2**) встречаются в морской воде (0,065% **Br**), рапе соляных озер (до 0,2% **Br**) и подземных рассолах, обычно связанных с соляными и нефтяными месторождениями (до 0,1% **Br**). Содержание брома в подземных водах увеличивается с ростом минерализации.

*Пресные воды отличаются, как правило, наиболее низкими количествами брома, колеблющимися от 0,001 до 0,2 мг/дм3. Сравнительно много брома в водах минеральных источников (до 10-50 мг/дм3).*

*ПДКв бромид-иона составляет 0,2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - санитарно-токсикологический).*

*Йод*

Рассеянный йод выщелачивается природными водами из магматических горных пород и концентрируется организмами, например водорослями. Йод концентрируется в почвах и илах. Важным источником йода в почвах и водах являются дождевые осадки, захватывающие йод из атмосферы, в которую он приносится ветром с моря.

Источниками поступления йода в поверхностные воды являются атмосферные осадки, воды нефтяных месторождений и сточные воды некоторых отраслей химической и фармацевтической промышленности.

*В речных водах концентрация йода составляет 1-74 мкг/дм3, в атмосферных осадках 0-65 мкг/дм3, в подземных водах 0,1-3 мкг/дм3. Содержание йода учитывается при санитарной оценке природных вод.*

*ПДК не установлена.*

С недостаточностью йода в пище связано тяжелое заболевание щитовидной железы у человека (эндемический зоб).

Бор

Источником бора в природных водах являются подземные воды, обогащенные бором за счет бороносных осадочно-метаморфических пород (борацит, бура, калиборит, улексит, колеманит, ашарит). Возможно поступление бора со сточными водами стекольного, металлургического, машиностроительного, текстильного, керамического, кожевенного производств, а также с бытовыми сточными водами, насыщенными стиральными порошками. Локальное загрязнение почвы возможно при разработке борсодержащих руд и при внесении в нее борсодержащих удобрений.

В природных водах бор находится в виде ионов борных кислот, в щелочной среде преимущественно в виде метаборат-иона (**ВО2-**). По мере понижения **рН** среды все большая роль будет принадлежать ортоборной кислоте (происходит частичная диссоциация кислоты на ионы **H2BO3-** и **ВО33-**).

*Средняя концентрация бора в речных водах 100 мкг/дм3.*

Бор малотоксичен для рыб. Оксид бора и ортоборная кислота относятся к сильнодействующим токсичным веществам с политропным действием. Обладают эмбриотоксическим действием. В связи с употреблением воды из богатых бором водоисточников возникает хроническая интоксикация.

*ПДКв (В3+) — 0,5 мг/дм3, ПДКвр ортоборной кислоты (Н3ВО3) — 0,1 мг/дм3.*

*Цианиды*

В поверхностные воды цианистые соединения поступают с промышленными сточными водами гальванических цехов, рудообогатительных фабрик, предприятий золотодобывающей промышленности, газогенераторных станций, газовых и коксохимических заводов, предприятий цветной и черной металлургии.

Цианиды встречаются в природных водах в форме ионов или в виде слабодиссоциированной и весьма токсичной цианистоводородной кислоты. Кроме того, в воде могут присутствовать комплексные соединения цианидов с металлами.

Уменьшение концентрации простых цианидов может происходить под воздействием угольной и других кислот, в результате окисления и гидролиза, а также образования нерастворимых соединений и сорбции взвешенными веществами и донными отложениями.

*Цианистые соединения чрезвычайно ядовиты. Для водных объектов ПДКв составляет 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр - 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Роданиды (тиоцианаты)*

В поверхностные воды поступают со сточными водами коксохимических заводов, горнообогатительных комбинатов, металлургических предприятий. Образование тиоцианатов возможно при производстве удобрений.

*ПДКв — 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,15 мг/дм3. Допустимое содержание тиоционатов в сточных водах, используемых для орошения сельскохозяйственных земель (не нарушающее почвенных процессов и не оказывающее токсического действия на растения, выросшие на орошаемых землях, а при потреблении этих растений — на животных и человека) рекомендуется на уровне 2 мг/дм3.*

*Стронций*

Источниками стронция в природных водах являются горные породы, наибольшие количества его содержат гипсоносные отложения.

Низкая концентрация стронция в природных водах объясняется слабой растворимостью их сернокислых соединений (растворимость **SrSO4** при 18°С 114 мг/дм3).

*В пресных водах концентрация стронция обычно намного ниже 1 мг/дм3 и выражается в микрограммах на литр. Встречаются районы с повышенной концентрацией этого иона в водах.*

Будучи близок к кальцию по химическим свойствам, стронций резко отличается от него по своему биологическому действию. Избыточное содержание этого элемента в почвах, водах и продуктах питания вызывает "уровскую болезнь" у человека и животных (по названию реки Уров в Восточном Забайкалье) — поражение и деформацию суставов, задержку роста и др.

*ПДКв составляет 7 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Алюминий*

К источникам поступления алюминия в природные воды можно отнести:

1. частичное растворение глин и алюмосиликатов;
2. атмосферные осадки;
3. сточные воды различных производств.

В природных водах алюминий присутствует в ионной, коллоидной и взвешенной формах. Миграционная способность невысокая. Образует довольно устойчивые комплексы, в том числе органоминеральные, находящиеся в воде в растворенном или коллоидном состоянии.

Одним из распространенных соединений алюминия является боксит **Al(OH)3**. Растворимость его является функцией **рН**. При значениях **рН** < 4,5 в растворе преобладают ионы **Al3+**, при **рН** 5-6 в растворе преобладают ионы **Al(OH)2+**, при **рН** > 7 в растворе преобладают ионы **Al(OH)4-**.

*Концентрация алюминия в поверхностных водах обычно колеблется в пределах n·10-2-n·10-1 мг/дм3, в некоторых кислых водах иногда достигает нескольких граммов в 1 дм3.*

Ионы алюминия обладают токсичностью по отношению к многим видам водных живых организмов и человеку.

*ПДКв алюминия составляет 0,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Титан*

Соединения титана в природные воды поступают в результате процессов выветривания титановых руд (ильменит, перовскит, лопарит, сфен) и со сточными водами предприятий металлургической и металлообрабатывающей промышленности, производства титановых белил и др. В природных водах может находиться в виде различных минеральных и органических комплексных соединений. Его присутствие возможно в виде коллоидов гидроксида титана.

*В незагрязненных поверхностных водах находится в субмикрограммовых концентрациях. В подземных водах концентрация титана обычно невелика и составляет единицы или десятки микрограммов в 1 дм3, в морской воде — до 1 мкг/дм3.*

*ПДКв титана составляет 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный).*

*Тяжелые металлы и металлоиды*

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах.

Термин **тяжелые металлы**, характеризующий широкую группу загрязняющих веществ, получил в последнее время значительное распространение. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к ***хрупким*** (например, висмут) или ***металлоидам*** (например, мышьяк).

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к **тяжелым металлам** относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: **V**, **Cr**, **Mn**, **Fe**, **Co**, **Ni**, **Cu**, **Zn**, **Mo**, **Cd**, **Sn**, **Hg**, **Pb**, **Bi** и др. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых на настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов. По классификации Н. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см3.

Формально определению **тяжелые металлы** соответствует большое количество элементов. Однако по мнению исследователей, занятых практической деятельностью, связанной с организацией наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды, соединения этих элементов далеко не равнозначны как загрязняющие вещества. Поэтому во многих работах происходит сужение рамок группы тяжелых металлов, в соответствии с критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ. Так, в ставших уже классическими работах Ю.А. Израэля в перечне химических веществ, подлежащих определению в природных средах на фоновых станциях в биосферных заповедниках, в разделе **тяжелые металлы** поименованы **Pb**, **Hg**, **Cd**, **As**. С другой стороны, согласно решению Целевой группы по выбросам тяжелых металлов, работающей под эгидой Европейской Экономической Комиссии ООН и занимающейся сбором и анализом информации о выбросах загрязняющих веществ в европейских странах, только **Zn**, **As**, **Se** и **Sb** были отнесены к **тяжелым металлам**. По определению Н. Реймерса отдельно от тяжелых металлов стоят благородные и редкие металлы, соответственно, остаются только **Pb**, **Cu**, **Zn**, **Ni**, **Cd**, **Co**, **Sb**, **Sn**, **Bi**, **Hg**. В прикладных работах к числу тяжелых металлов чаще всего добавляют **Pt**, **Ag**, **W**, **Fe**, **Au**, **Mn**.

Ионы металлов являются непременными компонентами природных водоемов. В зависимости от условий среды (**pH**, окислительно-восстановительного потенциала, наличия лигандов) они существуют в разных степенях окисления и входят в состав разнообразных неорганических и металлорганических соединений, которые могут быть истинно растворенными, коллоидно-дисперсными или входить в состав минеральных и органических взвесей.

Истинно растворенные формы металлов, в свою очередь, весьма разнообразны, что связано с процессами гидролиза, гидролитической полимеризации (образованием полиядерных гидроксокомплексов) и комплексообразования с различными лигандами. Соответственно, как каталитические свойства металлов, так и доступность для водных микроорганизмов зависят от форм существования их в водной экосистеме.

Многие металлы образуют довольно прочные комплексы с органическими соединениями; эти комплексы являются одной из важнейших форм миграции элементов в природных водах. Большинство органических комплексов образуются по хелатному механизму и являются устойчивыми. Комплексы, образуемые почвенными кислотами с солями железа, алюминия, титана, урана, ванадия, меди, молибдена и других тяжелых металлов, относительно хорошо растворимы в условиях нейтральной, слабокислой и слабощелочной сред. Поэтому металлорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на весьма значительные расстояния. Особенно важно это для маломинерализованных и в первую очередь поверхностных вод, в которых образование других комплексов невозможно.

Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм металла.

Переход металлов в водной среде в металлокомплексную форму имеет три следствия:

1. может происходить увеличение суммарной концентрации ионов металла за счет перехода его в раствор из донных отложений;
2. мембранная проницаемость комплексных ионов может существенно отличаться от проницаемости гидратированных ионов;
3. токсичность металла в результате комплексообразования может сильно измениться.

Так, хелатные формы **Cu**, **Cd**, **Hg** менее токсичны, нежели свободные ионы. Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю связанных и свободных форм.

Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды гальванических цехов, предприятий горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроительных заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий.

Повышение концентраций тяжелых металлов в природных водах часто связано с другими видами загрязнения, например, с закислением. Выпадение кислотных осадков способствует снижению **рН** и переходу металлов из сорбированного (на минеральных и органических веществах) состояния в свободное.

*Ванадий*

Ванадий находится преимущественно в рассеянном состоянии и обнаруживается в железных рудах, нефти, асфальтах, битумах, горючих сланцах, углях и др. Одним из главных источников загрязнения природных вод ванадием являются нефть и продукты ее переработки.

*В природных водах встречается в очень малой концентрации: в воде рек 0,2 — 4,5 мкг/дм3, в морской воде — в среднем 2 мкг/дм3*

В воде образует устойчивые анионные комплексы **(V4O12)4-** и **(V10O26)6-**. В миграции ванадия существенна роль растворенных комплексных соединений его с органическими веществами, особенно с гумусовыми кислотами.

Повышенные концентрации ванадия вредны для здоровья человека.

*ПДКв ванадия составляет 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Висмут*

Естественными источниками поступления висмута в природные воды являются процессы выщелачивания висмутсодержащих минералов. Источником поступления в природные воды могут быть также сточные воды фармацевтических и парфюмерных производств, некоторых предприятий стекольной промышленности.

*В незагрязненных поверхностных водах содержится в субмикрограммовых концентрациях. Наиболее высокая концентрация обнаружена в подземных водах и составляет 20 мкг/дм3, в морских водах — 0,02 мкг/дм3.*

*ПДКв висмута составляет 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Железо*

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками.

Фазовые равновесия зависят от химического состава вод, **рН**, **Eh** и в некоторой степени от температуры. В рутинном анализе во *взвешенную форму* выделяют частицы с размером более 0,45 мкм. Она представлена преимущественно железосодержащими минералами, гидратом оксида железа и соединениями железа, сорбированными на взвесях. Истинно растворенную и коллоидную форму обычно рассматривают совместно. *Растворенное железо* представлено соединениями, находящимися в ионной форме, в виде гидроксокомплексов и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод. В ионной форме мигрирует главным образом **Fe(II)**, а **Fe(III)** в отсутствии комплексообразующих веществ не может в значительных количествах находиться в растворенном состоянии.

Железо обнаруживается в основном в водах с низкими значениями **Eh**.

В результате химического и биохимического (при участии железобактерий) окисления **Fe(II)** переходит в **Fe(III)**, которое, гидролизуясь, выпадает в осадок в виде **Fe(OH)3**. Как для **Fе(II)**, так и для **Fe(III)** характерна склонность к образованию гидроксокомплексов типа **[Fe(OH)2]+**, **[Fe2(OH)2]4+**, **[Fe2(OH)3]3+**, **[Fe(OH)3]-** и других, сосуществующих в растворе в разных концентрациях в зависимости от **рН** и в целом определяющих состояние системы железо-гидроксил. Основной формой нахождения **Fe(III)** в поверхностных водах являются его комплексные соединения с растворенными неорганическими и органическими соединениями, главным образом гумусовыми веществами. При **рН** 8,0 основной формой является **Fe(OH)3**. Коллоидная форма железа наименее изучена, она представляет собой гидрат оксида железа **Fe(OH)3** и комплексы с органическими веществами.

*Содержание железа в поверхностных водах суши составляет десятые доли миллиграмма в 1 дм3, вблизи болот — единицы миллиграммов в 1 дм3. Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот — гуматами. Наибольшие концентрации железа (до нескольких десятков и сотен миллиграммов в 1 дм3) наблюдаются в подземных водах с низкими значениями рН.*

Являясь биологически активным элементом, железо в определенной степени влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоеме.

Концентрация железа подвержена заметным сезонным колебаниям. Обычно в водоемах с высокой биологической продуктивностью в период летней и зимней стагнации заметно увеличение концентрации железа в придонных слоях воды. Осенне-весеннее перемешивание водных масс (гомотермия) сопровождается окислением **Fe(II)** в **Fе(III)** и выпадением последнего в виде **Fe(OH)3**.

Содержание железа в воде выше 1-2 мг Fe/дм3 значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду малопригодной для использования в технических целях.

*ПДКв железа составляет 0,3 мг Fe/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Кадмий*

В природные воды поступает при выщелачивании почв, полиметаллических и медных руд, в результате разложения водных организмов, способных его накапливать. Соединения кадмия выносятся в поверхностные воды со сточными водами свинцово-цинковых заводов, рудообогатительных фабрик, ряда химических предприятий (производство серной кислоты), гальванического производства, а также с шахтными водами. Понижение концентрации растворенных соединений кадмия происходит за счет процессов сорбции, выпадения в осадок гидроксида и карбоната кадмия и потребления их водными организмами.

Растворенные формы кадмия в природных водах представляют собой главным образом минеральные и органо-минеральные комплексы. Основной взвешенной формой кадмия являются его сорбированные соединения. Значительная часть кадмия может мигрировать в составе клеток гидробионтов.

*В речных незагрязненных и слабозагрязненных водах кадмий содержится в субмикрограммовых концентрациях, в загрязненных и сточных водах концентрация кадмия может достигать десятков микрограммов в 1 дм3.*

Соединения кадмия играют важную роль в процессе жизнедеятельности животных и человека. В повышенных концентрациях токсичен, особенно в сочетании с другими токсичными веществами.

*ПДКв кадмия составляет 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,0005 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Кобальт*

В природные воды соединения кобальта попадают в результате процессов выщелачивания их из медноколчедановых и других руд, из почв при разложении организмов и растений, а также со сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и химических заводов. Некоторые количества кобальта поступают из почв в результате разложения растительных и животных организмов.

Соединения кобальта в природных водах находятся в растворенном и взвешенном состоянии, количественное соотношение между которыми определяется химическим составом воды, температурой и значениями **рН**. Растворенные формы представлены в основном комплексными соединениями, в том числе с органическими веществами природных вод. Соединения двухвалентного кобальта наиболее характерны для поверхностных вод. В присутствии окислителей возможно существование в заметных концентрациях трехвалентного кобальта.

Кобальт относится к числу биологически активных элементов и всегда содержится в организме животных и в растениях. С недостаточным содержанием его в почвах связано недостаточное содержание кобальта в растениях, что способствует развитию малокровия у животных (таежно-лесная нечерноземная зона). Входя в состав витамина В12, кобальт весьма активно влияет на поступление азотистых веществ, увеличение содержания хлорофилла и аскорбиновой кислоты, активизирует биосинтез и повышает содержание белкового азота в растениях. Вместе с тем повышенные концентрации соединений кобальта являются токсичными.

*В речных незагрязненных и слабозагрязненных водах его содержание колеблется от десятых до тысячных долей миллиграмма в 1 дм3, среднее содержание в морской воде 0,5 мкг/дм3.*

*ПДКв кобальта составляет 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - санитарно-токсикологический), ПДКвр - 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - токсикологический).*

*Марганец*

В поверхностные воды марганец поступает в результате выщелачивания железомарганцевых руд и других минералов, содержащих марганец (пиролюзит, псиломелан, браунит, манганит, черная охра). Значительные количества марганца поступают в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений. Соединения марганца выносятся в водоемы со сточными водами марганцевых обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и с шахтными водами.

Понижение концентрации ионов марганца в природных водах происходит в результате окисления **Mn(II)** до **MnO2** и других высоковалентных оксидов, выпадающих в осадок. Основные параметры, определяющие реакцию окисления, — концентрация растворенного кислорода, величина **рН** и температура. Концентрация растворенных соединений марганца понижается вследствие утилизации их водорослями.

Главная форма миграции соединений марганца в поверхностных водах — взвеси, состав которых определяется в свою очередь составом пород, дренируемых водами, а также коллоидные гидроксиды тяжелых металлов и сорбированные соединения марганца. Существенное значение в миграции марганца в растворенной и коллоидной формах имеют органические вещества и процессы комплексообразования марганца с неорганическими и органическими лигандами. **Mn(II)** образует растворимые комплексы с бикарбонатами и сульфатами. Комплексы марганца с ионом хлора встречаются редко. Комплексные соединения **Mn(II)** с органическими веществами (аминами, органическими кислотами, аминокислотами и гумусовыми веществами) обычно менее прочны, чем аналогичные соединения с другими переходными металлами. **Mn(III)** в повышенных концентрациях может находиться в растворенном состоянии только в присутствии сильных комплексообразователей, **Mn(VII)** в природных водах не встречается.

*В речных водах содержание марганца колеблется обычно от 1 до 160 мкг/дм3, среднее содержание в морских водах составляет 2 мкг/дм3, в подземных — n·102-n·103 мкг/дм3.*

Концентрация марганца в поверхностных водах подвержена сезонным колебаниям.

Факторами, определяющими изменения концентраций марганца, являются соотношение между поверхностным и подземным стоком, интенсивность потребления его при фотосинтезе, разложение фитопланктона, микроорганизмов и высшей водной растительности, а также процессы осаждения его на дно водных объектов.

Роль марганца в жизни высших растений и водорослей водоемов весьма велика. Марганец способствует утилизации **CO2** растениями, чем повышает интенсивность фотосинтеза, участвует в процессах восстановления нитратов и ассимиляции азота растениями. Марганец способствует переходу активного **Fe(II)** в **Fe(III),** что предохраняет клетку от отравления, ускоряет рост организмов и т.д. Важная экологическая и физиологическая роль марганца вызывает необходимость изучения марганца и его распределения в природных водах.

*Для марганца ПДКв (по иону марганца) установлена 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - органолептический), ПДКвр - 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - токсикологический).*

*Медь*

Медь — один из важнейших микроэлементов. Физиологическая активность меди связана главным образом с включением ее в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Недостаточное содержание меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию растительных организмов. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. Вместе с тем избыточные концентрации меди оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы.

*Содержание меди в природных пресных водах колеблется от 2 до 30 мкг/дм3, в морских водах — от 0,5 до 3,5 мкг/дм3. Повышенные концентрации меди (до нескольких граммов в 1 дм3) характерны для кислых рудничных вод.*

В природных водах наиболее часто встречаются соединения **Cu(II)**. Из соединений **Cu(I)** наиболее распространены труднорастворимые в воде **Cu2O**, **Cu2S**, **CuCl**. При наличии в водной среде лигандов наряду с равновесием диссоциации гидроксида необходимо учитывать образование различных комплексных форм, находящихся в равновесии с акваионами металла.

Основным источником поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, шахтные воды, альдегидные реагенты, используемые для уничтожения водорослей. Медь может появляться в результате коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения. В подземных водах присутствие меди обусловлено взаимодействием воды с медьсодержащими горными породами (халькопирит, халькозин, ковеллин, борнит, малахит, азурит, хризаколла, бротантин).

*Для меди ПДКв (по иону меди) установлена 1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - органолептический), ПДКвр - 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - токсикологический).*

*Молибден*

Соединения молибдена попадают в поверхностные воды в результате выщелачивания их из экзогенных минералов, содержащих молибден. Молибден попадает в водоемы также со сточными водами обогатительных фабрик, предприятий цветной металлургии. Понижение концентрации соединений молибдена происходит в результате выпадения в осадок труднорастворимых соединений, процессов адсорбции минеральными взвесями и потребления растительными водными организмами.

Молибден в поверхностных водах находится в основном в форме **МоО42-**. Весьма вероятно существование его в виде органоминеральных комплексов. Возможность некоторого накопления в коллоидном состоянии вытекает из того факта, что продукты окисления молибденита представляют рыхлые тонкодисперсные вещества.

*В речных водах молибден обнаружен в концентрациях от 2,1 до 10,6 мкг/дм3. В морской воде содержится в среднем 10 мкг/дм3 молибдена.*

В малых количествах молибден необходим для нормального развития растительных и животных организмов. Молибден входит в состав фермента ксантиноксидазы. При дефиците молибдена фермент образуется в недостаточном количестве, что вызывает отрицательные реакции организма. В повышенных концентрациях молибден вреден. При избытке молибдена нарушается обмен веществ.

*Для молибдена ПДКв установлена 0,25 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - санитарно-токсикологический), ПДКвр - 0,0012 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - токсикологический).*

*Мышьяк*

В природные воды мышьяк поступает из минеральных источников, районов мышьяковистого оруднения (мышьяковый колчедан, реальгар, аурипигмент), а также из зон окисления пород полиметаллического, медно-кобальтового и вольфрамового типов. Некоторое количество мышьяка поступает из почв, а также в результате разложения растительных и животных организмов. Потребление мышьяка водными организмами является одной из причин понижения концентрации его в воде, наиболее отчетливо проявляющегося в период интенсивного развития планктона.

Значительные количества мышьяка поступают в водные объекты со сточными водами обогатительных фабрик, отходами производства красителей, кожевенных заводов и предприятий, производящих пестициды, а также с сельскохозяйственных угодий, на которых применяются пестициды.

В природных водах соединения мышьяка находятся в растворенном и взвешенном состоянии, соотношение между которыми определяется химическим составом воды и значениями **рН**. В растворенной форме мышьяк встречается в трех- и пятивалентной форме, главным образом в виде анионов.

*В речных незагрязненных водах мышьяк находится обычно в микрограммовых концентрациях. В минеральных водах его концентрация может достигать нескольких миллиграммов в 1 дм3, в морских водах в среднем содержится 3 мкг/дм3, в подземных — встречается в концентрациях n·105 мкг/дм3.*

Соединения мышьяка в повышенных концентрациях являются токсичными для организма животных и человека: они тормозят окислительные процессы, угнетают снабжение кислородом органов и тканей.

*ПДКв мышьяка составляет 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический)*

*Никель*

Присутствие никеля в природных водах обусловлено составом пород, через которые проходит вода: он обнаруживается в местах месторождений сульфидных медно-никелевых руд и железоникелевых руд. В воду попадает из почв и из растительных и животных организмов при их распаде. Повышенное по сравнению с другими типами водорослей содержание никеля обнаружено в сине-зеленых водорослях. Соединения никеля в водные объекты поступают также со сточными водами цехов никелирования, заводов синтетического каучука, никелевых обогатительных фабрик. Значительные выбросы никеля сопровождают сжигание ископаемого топлива.

Концентрация его может понижаться в результате выпадения в осадок таких соединений, как цианиды, сульфиды, карбонаты или гидроксиды (при повышении **рН**), за счет потребления его водными организмами и процессов адсорбции.

В поверхностных водах соединения никеля находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, количественное соотношение между которыми зависит от состава воды, температуры и значений **рН**. Сорбентами соединений никеля могут быть гидроксид железа, органические вещества, высокодисперсный карбонат кальция, глины. Растворенные формы соединений никеля представляют собой главным образом комплексные ионы, наиболее часто с аминокислотами, гуминовыми и фульвокислотами, а также в виде прочного цианидного комплекса. Наиболее распространены в природных водах соединения никеля, в которых он находится в степени окисления +2. Соединения **Ni3+** образуются обычно в щелочной среде.

Соединения никеля играют важную роль в кроветворных процессах, являясь катализаторами. Повышенное его содержание оказывает специфическое действие на сердечно-сосудистую систему. Никель принадлежит к числу канцерогенных элементов. Он способен вызывать респираторные заболевания. Считается, что свободные ионы никеля (**Ni2+**) примерно в 2 раза более токсичны, чем его комплексные соединения.

*В речных незагрязненных и слабозагрязненных водах концентрация никеля колеблется обычно от 0,8 до 10 мкг/дм3; в загрязненных она составляет несколько десятков микрограммов в 1 дм3. Средняя концентрация никеля в морской воде 2 мкг/дм3, в подземных водах — n·103 мкг/дм3. В подземных водах, омывающих никельсодержащие горные породы, концентрация никеля иногда возрастает до 20 мг/дм3.*

*ПДКв никеля составляет 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Олово*

В природные воды поступает в результате процессов выщелачивания оловосодержащих минералов (касситерит, станнин), а также со сточными водами различных производств (крашение тканей, синтез органических красок, производство сплавов с добавкой олова и др.).

Токсическое действие олова невелико.

*В незагрязненных поверхностных водах олово содержится в субмикрограммовых концентрациях. В подземных водах его концентрация достигает единиц микрограммов в 1 дм3.*

*ПДКв олова составляет 2 мг/дм3.*

*Ртуть*

В поверхностные воды соединения ртути могут поступать в результате выщелачивания пород в районе ртутных месторождений (киноварь, метациннабарит, ливингстонит), в процессе разложения водных организмов, накапливающих ртуть. Значительные количества поступают в водные объекты со сточными водами электролизных производств, предприятий, производящих красители, пестициды, фармацевтические препараты, некоторые взрывчатые вещества. Тепловые электростанции, работающие на угле, выбрасывают в атмосферу значительные количества соединений ртути, которые в результате мокрых и сухих выпадений попадают в водные объекты.

Понижение концентрации растворенных соединений ртути происходит в результате извлечения их многими морскими и пресноводными организмами, обладающими способностью накапливать ее в концентрациях, во много раз превышающих содержание ее в воде, а также в результате процессов адсорбции взвешенными веществами и донными отложениями.

В поверхностных водах соединения ртути находятся в растворенном и взвешенном состоянии. Соотношение между ними зависит от химического состава воды и значений **рН**. Взвешенная ртуть представляет собой сорбированные соединения ртути. Растворенными формами являются недиссоциированные молекулы, комплексные органические и минеральные соединения. В воде водных объектов ртуть может находиться в виде метилртутных соединений.

*Содержание ртути в речных незагрязненных и слабозагрязненных водах составляет несколько десятых долей микрограмма в 1 дм3, средняя концентрация в морской воде 0,03 мкг/дм3, в подземных водах 1-3 мкг/дм3.*

Соединения ртути высоко токсичны, они поражают нервную систему человека, вызывают изменение слизистой оболочки, нарушение двигательной функции и секреции желудочно-кишечного тракта, изменения в крови и др. Бактериальные процессы метилирования направлены на образование метилртутных соединений, которые во много раз токсичнее минеральных солей ртути. Метилртутные соединения накапливаются в пищевых цепях (например, фитопланктон-зоопланктон-рыба) и могут попадать в организм человека.

*ПДКв ртути составляет 0,0005 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр - 0,0001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Свинец*

Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных (галенит) и экзогенных (англезит, церуссит и др.) минералов. Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде (в т.ч. и в поверхностных водах) связано с сжиганием углей, с применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе, с выносом в водные объекты со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических заводов, химических производств, шахт и т.д. Существенными факторами понижения концентрации свинца в воде является адсорбция его взвешенными веществами и осаждение с ними в донные отложения. В числе других металлов свинец извлекается и накапливается гидробионтами.

Свинец находится в природных водах в растворенном и взвешенном (сорбированном) состоянии. В растворенной форме встречается в виде минеральных и органоминеральных комплексов, а также простых ионов, в нерастворимой — главным образом в виде сульфидов, сульфатов и карбонатов.

*В речных водах концентрация свинца колеблется от десятых долей до единиц микрограммов в 1 дм3. Даже в воде водных объектов, прилегающих к районам полиметаллических руд, концентрация его редко достигает десятков миллиграммов в 1 дм3. Лишь в хлоридных термальных водах концентрация свинца иногда достигает нескольких миллиграммов в 1 дм3.*

Свинец — промышленный яд, способный при неблагоприятных условиях оказаться причиной отравления. В организм человека проникает главным образом через органы дыхания и пищеварения. Удаляется из организма очень медленно, вследствие чего накапливается в костях, печени и почках.

*ПДКв свинца составляет 0,03 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсилогический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсилогический).*

Тетраэтилсвинец

Тетраэтилсвинец поступает в природные воды в связи с использованием в качестве антидетонатора в моторном топливе водных транспортных средств, а также с поверхностным стоком с городских территорий.

Данное вещество характеризуется высокой токсичностью, обладает кумулятивными свойствами.

*Содержание тетраэтилсвинца в воде водоемов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения не допускается.*

*Серебро*

Источниками поступления серебра в поверхностные воды служат подземные воды и сточные воды рудников, обогатительных фабрик, фотопредприятий. Повышенное содержание серебра бывает связано с применением бактерицидных и альгицидных препаратов.

В сточных водах серебро может присутствовать в растворенном и взвешенном состоянии, большей частью в форме галоидных солей.

*В незагрязненных поверхностных водах серебро находится в субмикрограммовых концентрациях. В подземных водах концентрация серебра колеблется от единиц до десятков микрограммов в 1 дм3, в морской воде — в среднем 0,3 мкг/дм3.*

Ионы серебра способны уничтожать бактерии и уже в незначительной концентрации стерилизуют воду (нижний предел бактерицидного действия ионов серебра 2·10-11 моль/дм3). Роль серебра в организме животных и человека изучена недостаточно.

*ПДКв серебра составляет 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсилогический).*

*Сурьма*

Сурьма поступает в поверхностные воды за счет выщелачивания минералов сурьмы (стибнит, сенармонтит, валентинит, сервантит, стибиоканит) и со сточными водами резиновых, стекольных, красильных, спичечных предприятий.

В природных водах соединения сурьмы находятся в растворенном и взвешенном состояниях. В окислительно-восстановительных условиях, характерных для поверхностных вод, возможно существование как трехвалентной, так и пятивалентной сурьмы.

*В незагрязненных поверхностных водах сурьма находится в субмикрограммовых концентрациях, в морской воде ее концентрация достигает 0,5 мкг/дм3, в подземных водах — 10 мкг/дм3.*

*ПДКв сурьмы составляет 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3.*

*Хром*

В поверхностные воды соединения трех- и шестивалентного хрома попадают в результате выщелачивания из пород (хромит, крокоит, уваровит и др.). Некоторые количества поступают из почв, в процессе разложения организмов и растений. Значительные количества могут поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности. Понижение концентрации ионов хрома может наблюдаться в результате потребления их водными организмами и процессов адсорбции.

В поверхностных водах соединения хрома находятся в растворенном и взвешенном состояниях, соотношение между которыми зависит от состава вод, температуры, **рН** раствора. Взвешенные соединения хрома представляют собой в основном сорбированные соединения хрома. Сорбентами могут быть глины, гидроксид железа, высокодисперсный оседающий карбонат кальция, остатки растительных и животных организмов. В растворенной форме хром может находиться в виде хроматов и бихроматов. При аэробных условиях **Cr(VI)** переходит в **Cr(III)**, соли которого в нейтральной и щелочной средах гидролизуются с выделением гидроксида.

*В речных незагрязненных и слабозагрязненных водах содержание хрома колеблется от нескольких десятых долей микрограмма до нескольких микрограммов в 1 дм3, в загрязненных водоемах оно достигает нескольких десятков и сотен микрограммов в 1 дм3. Средняя концентрация в морских водах — 0,05 мкг/дм3, в подземных водах — обычно в пределах n·10-n·102 мкг/дм3.*

Соединения **Cr(VI)** и **Cr(III)** в повышенных количествах обладают канцерогенными свойствами. Соединения **Cr(VI)** являются более опасными.

*ПДКв для Cr(VI) 0,05 мг/дм3, для Cr(III) — 0,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический); ПДКвр для Cr(VI) — 0,001 мг/дм3, для Cr(III) — 0,005 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Цинк*

Цинк попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов (сфалерит, цинкит, госларит, смитсонит, каламин), а также со сточными водами рудообогатительных фабрик и гальванических цехов, производств пергаментной бумаги, минеральных красок, вискозного волокна и др.

В воде цинк существует главным образом в ионной форме или в форме его минеральных и органических комплексов, иногда встречается в нерастворимых формах: в виде гидроксида, карбоната, сульфида и др.

*В речных водах концентрация цинка обычно колеблется от 3 до 120 мкг/дм3, в морских — от 1,5 до 10 мкг/дм3. Содержание в рудных и особенно в шахтных водах с низкими значениями рН может быть значительным.*

Цинк относится к числу активных микроэлементов, влияющих на рост и нормальное развитие организмов. В то же время многие соединения цинка токсичны, прежде всего его сульфат и хлорид.

*ПДКв Zn2+ составляет 1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный), ПДКвр Zn2+ — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

Часть 5. Органические вещества в водных системах

*Органический углерод*

Органический углерод является наиболее надежным показателем суммарного содержания органических веществ в природных водах, на него приходится в среднем около 50% массы органических веществ.

Состав и содержание органических веществ в природных водах определяется совокупностью многих различных по своей природе и скорости процессов: посмертных и прижизненных выделений гидробионтов; поступления с атмосферными осадками, с поверхностным стоком в результате взаимодействия атмосферных вод с почвами и растительным покровом на поверхности водосбора; поступления из других водных объектов, из болот, торфяников; поступления с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами.

Концентрация органического углерода подвержена сезонным колебаниям, характер которых определяется гидрологическим режимом водных объектов и связанными с ним сезонными вариациями химического состава, временными изменениями интенсивности биологических процессов. В придонных слоях водоемов и поверхностной пленке содержание органического углерода может значительно отличаться от его содержания в остальной массе воды.

Органические вещества находятся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях, образующих некоторую динамическую систему, в общем неравновесную, в которой под воздействием физических, химических и биологических факторов непрерывно осуществляются переходы из одного состояния в другое.

*Наименьшая концентрация углерода растворенных органических веществ в незагрязненных природных водах составляет около 1 мг/дм3, наибольшая обычно не превышает 10-20 мг/дм3, однако в болотных водах может достигать нескольких сотен мг/дм3.*

*Углеводороды (нефтепродукты)*

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Нефть и продукты ее переработки представляют собой чрезвычайно сложную, непостоянную и разнообразную смесь веществ (низко- и высокомолекулярные предельные, непредельные алифатические, нафтеновые, ароматические углеводороды, кислородные, азотистые, сернистые соединения, а также ненасыщенные гетероциклические соединения типа смол, асфальтенов, ангидридов, асфальтеновых кислот). Понятие "нефтепродукты" в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды).

Большие количества нефтепродуктов поступают в поверхностные воды при перевозке нефти водным путем, со сточными водами предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами. Некоторые количества углеводородов поступают в воду в результате прижизненных выделений растительными и животными организмами, а также в результате их посмертного разложения.

В результате протекающих в водоеме процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления концентрация нефтепродуктов может существенно снижаться, при этом значительным изменениям может подвергаться их химический состав. Наиболее устойчивы ароматические углеводороды, наименее — н-алканы.

Нефтепродукты находятся в различных миграционных формах: растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности воды. Обычно в момент поступления масса нефтепродуктов сосредоточена в пленке. По мере удаления от источника загрязнения происходит перераспределение между основными формами миграции, направленное в сторону повышения доли растворенных, эмульгированных, сорбированных нефтепродуктов. Количественное соотношение этих форм определяется комплексом факторов, важнейшими из которых являются условия поступления нефтепродуктов в водный объект, расстояние от места сброса, скорость течения и перемешивания водных масс, характер и степень загрязненности природных вод, а также состав нефтепродуктов, их вязкость, растворимость, плотность, температура кипения компонентов. При санитарно-химическом контроле определяют, как правило, сумму растворенных, эмульгированных и сорбированных форм нефти.

Содержание нефтепродуктов в речных, озерных, морских, подземных водах и атмосферных осадках колеблется в довольно широких пределах и обычно составляет сотые и десятые доли мг/дм3.

*В незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводородов может колебаться в морских водах от 0,01 до 0,10 мг/дм3 и выше, в речных и озерных водах от 0,01 до 0,20 мг/дм3, иногда достигая 1-1,5 мг/дм3. Содержание естественных углеводородов определяется трофическим статусом водоема и в значительной мере зависит от биологической ситуации в водоеме.*

Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организме человека, животном мире, водной растительности, физическом, химическом и биологическом состоянии водоема. Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные алифатические, нафтеновые и особенно ароматические углеводороды оказывают токсическое и, в некоторой степени, наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы. Наибольшую опасность представляют полициклические конденсированные углеводороды типа 3,4-бензапирена, обладающие канцерогенными свойствами. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов, вызывая заболевания и гибель.

Отрицательное влияние нефтепродуктов, особенно в концентрациях 0,001-10 мг/дм3, и присутствие их в виде пленки сказывается и на развитии высшей водной растительности и микрофитов.

В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, **рН**, ухудшается газообмен с атмосферой.

*ПДКв нефтепродуктов составляет 0,3 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — рыбохозяйственный). Присутствие канцерогенных углеводородов в воде недопустимо.*

*Метан*

Метан принадлежит к газам биохимического происхождения. Основным источником его образования служат дисперсные органические вещества в породах. В чистом виде он иногда присутствует в болотах, образуясь при гниении болотной растительности. Этот газ в природных водах находится в молекулярно-дисперсном состоянии и не вступает с водой в химическое взаимодействие.

*Бензол*

Бензол представляет собой бесцветную жидкость с характерным запахом.

В поверхностные воды бензол поступает с предприятий и производств основного органического синтеза, нефтехимической, химико-фармацевтической промышленности, производства пластмасс, взрывчатых веществ, ионообменных смол, лаков и красок, искусственных кож, а также со сточными водами мебельных фабрик. В стоках коксохимических заводов бензол содержится в концентрациях 100-160 мг/дм3, в сточных водах производства капролактама — 100 мг/дм3, производства изопропилбензола — до 20000 мг/дм3. Источником загрязнения акваторий может быть транспортный флот (применяется в моторном топливе для повышения октанового числа). Бензол используется также в качестве ПАВ.

Бензол быстро испаряется из водоемов в атмосферу (период полуиспарения составляет 37,3 минуты при 20°С). Порог ощущения запаха бензола в воде составляет 0,5 мг/дм3 при 20°С. При 2,9 мг/дм3 запах характеризуется интенсивностью в 1 балл, при 7,5 мг/дм3 — в 2 балла. Мясо рыб приобретает неприятный запах при концентрации 10 мг/дм3. При 5 мг/дм3 запах исчезает через сутки, при 10 мг/дм3 интенсивность запаха за сутки снижается до 1 балла, а при 25 мг/дм3 запах снижается до 1 балла через двое суток.

Привкус при содержании бензола в воде 1,2 мг/дм3 измеряется в 1 балл, при 2,5 мг/дм3 — в 2 балла. Наличие в воде бензола (до 5 мг/дм3) не изменяет процессы биологического потребления кислорода, так как под влиянием биохимических процессов в воде бензол окисляется слабо. В концентрациях 5-25 мг/дм3 бензол не задерживает минерализации органических веществ, не влияет на процессы бактериального самоочищения водоемов.

В концентрации 1000 мг/дм3 бензол тормозит самоочищение разведенных сточных вод, а в концентрации 100 мг/дм3 - процесс очистки сточных вод в аэротенках. При содержании 885 мг/дм3 бензол сильно задерживает брожение осадка в метантенках.

При многократных воздействиях низких концентраций бензола наблюдаются изменения в крови и кроветворных органах, поражения центральной и периферической нервной системы, желудочно-кишечного тракта. Бензол классифицирован, как сильно подозреваемый канцероген. Основным метаболитом бензола является фенол. Бензол оказывает токсическое действие на гидробионты.

*ПДКв — 0,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Фенолы*

Фенолы представляют собой производные бензола с одной или несколькими гидроксильными группами. Их принято делить на две группы — **летучие с паром фенолы** (фенол, крезолы, ксиленолы, гваякол, тимол) и **нелетучие фенолы** (резорцин, пирокатехин, гидрохинон, пирогаллол и другие многоатомные фенолы).

Фенолы в естественных условиях образуются в процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом распаде и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях.

Фенолы являются одним из наиболее распространенных загрязнений, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, сланцеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилинокрасочной промышленности и др. В сточных водах этих предприятий содержание фенолов может превосходить 10-20 г/дм3 при весьма разнообразных сочетаниях.

В поверхностных водах фенолы могут находиться в растворенном состоянии в виде фенолятов, фенолят-ионов и свободных фенолов. Фенолы в водах могут вступать в реакции конденсации и полимеризации, образуя сложные гумусоподобные и другие довольно устойчивые соединения. В условиях природных водоемов процессы адсорбции фенолов донными отложениями и взвесями играют незначительную роль.

*В незагрязненных или слабозагрязненных речных водах содержание фенолов обычно не превышает 20 мкг/дм3.*

Превышение естественного фона по фенолу может служить указанием на загрязнение водоемов. В загрязненных фенолами природных водах содержание их может достигать десятков и даже сотен микрограммов в 1 дм3. Фенолы — соединения нестойкие и подвергаются биохимическому и химическому окислению.

Простые фенолы подвержены главным образом биохимическому окислению. При концентрации более 1 мг/дм3 разрушение фенолов протекает достаточно быстро, убыль фенолов составляет 50-75% за трое суток, при концентрации несколько десятков микрограммов в 1 дм3 этот процесс замедляется, и убыль за то же время составляет 10-15%. Быстрее всех разрушается собственно фенол, медленнее крезолы, еще медленнее ксиленолы. Многоатомные фенолы разрушаются в основном путем химического окисления.

Концентрация фенолов в поверхностных водах подвержена сезонным изменениям. В летний период содержание фенолов падает (с ростом температуры увеличивается скорость распада).

Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа).

В результате хлорирования воды, содержащей фенолы, образуются устойчивые соединения хлорфенолов, малейшие следы которых (0,1 мкг/дм3) придают воде характерный привкус.

В токсикологическом и органолептическом отношении фенолы неравноценны. Летучие с паром фенолы более токсичны и обладают более интенсивным запахом при хлорировании. Наиболее резкие запахи дают простой фенол и крезолы.

*ПДКв для фенола установлена 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — рыбохозяйственный).*

*Гидрохинон*

В поверхностные воды гидрохинон попадает со сточными водами производства пластмасс, кинофотоматериалов, красителей, предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.

Гидрохинон является сильным восстановителем. Как и фенол, он обладает слабым дезинфицирующим действием. Гидрохинон не придает воде запаха, привкус появляется при концентрации несколько граммов в 1 дм3; пороговая концентрация по окраске воды составляет 0,2 мг/дм3, по влиянию на санитарный режим водоемов — 0,1 мг/дм3. Гидрохинон при содержании 100 мг/дм3 стерилизует воду, при 10 мг/дм3 - тормозит развитие сапрофитной микрофлоры. В концентрациях ниже 10 мг/дм3 гидрохинон подвергается окислению и стимулирует развитие водных бактерий. При концентрации 2 мг/дм3 гидрохинон тормозит нитрификацию разведенных сточных вод, 15 мг/дм3 — процесс их биологической очистки. Дафнии погибают при 0,3 мг/дм3; 0,04 мг/дм3 вызывают гибель икры форели.

В организме гидрохинон окисляется в п-бензохинон, который превращает гемоглобин в метгемоглобин.

*ПДКв — 0,2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

Спирты

*Метанол*

Метанол попадает в водоемы со сточными водами производств получения и применения метанола. В сточных водах предприятий целлюлозно-бумажной промышленности содержится 4,5-58 г/дм3 метанола, производств фенолоформальдегидных смол — 20-25 г/дм3, лаков и красок 2 г/дм3, синтетических волокон и пластмасс — до 600 мг/дм3, в сточных водах генераторных станций работающих на буром, каменном угле, торфе, древесине — до 5 г/дм3.

При попадании в воду метанол снижает содержание в ней О2 (вследствие окисления метанола). Концентрация выше 4 мг/дм3 влияет на санитарный режим водоемов. При содержании 200 мг/дм3 наблюдается торможение биологической очистки сточных вод. Порог восприятия запаха метанола составляет 30-50 мг/дм3.

Концентрация 3 мг/дм3 стимулирует рост сине-зеленых водорослей и нарушает потребление кислорода дафниями. Летальные концентрации для рыб составляют 0,25-17 г/дм3.

Метанол является сильным ядом, обладающим направленным действием на нервную и сердечно-сосудистую системы, зрительные нервы, сетчатку глаз. Механизм действия метанола связан с его метаболизмом по типу летального синтеза с образованием формальдегида и муравьиной кислоты, далее окисляющихся до СО2. Поражение зрения обусловлено снижением синтеза АТФ в сетчатке глаза.

*ПДКв — 3 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Этиленгликоль*

Этиленгликоль попадает в поверхностные воды со сточными водами производств, где он получается или применяется (текстильная, фармацевтическая, парфюмерная, табачная, целлюлозно-бумажная промышленности).

Токсическая концентрация для рыб составляет не более 10 мг/дм3, для кишечной палочки — 0,25 мг/дм3.

Этиленгликоль очень токсичен. При попадании в желудок действует главным образом на ЦНС и почки, а также вызывает гемолиз эритроцитов. Токсичны и метаболиты этиленгликоля — альдегиды и щавелевая кислота, обусловливающая образование и накопление в почках оксалатов кальция.

*ПДКв — 1,0 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,25 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Органические кислоты*

Органические кислоты относятся к числу наиболее распространенных компонентов природных вод различного происхождения и нередко составляют значительную часть всего органического вещества в этих водах. Состав органических кислот и их концентрация определяются с одной стороны внутриводоемными процессами, связанными с жизнедеятельностью водорослей, бактерий и животных организмов, с другой — поступлением этих веществ извне.

Органические кислоты образуются за счет следующих внутриводоемных процессов:

1. прижизненных выделений в результате нормальных физиологических процессов здоровых клеток;
2. посмертных выделений, связанных с отмиранием и распадом клеток;
3. выделений сообществами, связанных с биохимическим взаимодействием различных организмов, например водорослей и бактерий;
4. ферментативного разложения высокомолекулярных органических веществ типа углеводородов, протеинов и липидов.

Поступление органических кислот в водные объекты извне возможно с поверхностным стоком, особенно в период половодья и паводков, с атмосферными осадками, промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами и с водами, сбрасываемыми с орошаемых полей.

Данные о содержании и составе органических кислот необходимы при изучении процессов химического выветривания, миграции элементов, образования осадочных пород, а также при решении вопросов о взаимоотношении водных организмов со средой, поскольку органические кислоты служат одним из источников углерода и энергии для большинства этих организмов.

*Концентрация органических кислот в речных водах колеблется от n·10 до n·102 ммоль/дм3. Амплитуда внутригодовых колебаний достигает нередко многих сотен процентов. Ряд высших жирных кислот присутствуют в природных водах в очень незначительных концентрациях. Концентрации пропионовой и уксусной кислот колеблются от n·10 до n·102 мкг/дм3.*

*Летучие кислоты*

Под летучими кислотами понимают сумму концентраций муравьиной и уксусной кислот.

Муравьиная кислота

В природных водах в небольших количествах муравьиная кислота образуется в процессах жизнедеятельности и посмертного разложения водных организмов и биохимической трансформации содержащихся в воде органических веществ. Ее повышенная концентрация связана с поступлением в водные объекты сточных вод предприятий, производящих формальдегид и пластические массы на его основе.

Муравьиная кислота мигрирует главным образом в растворенном состоянии, в виде ионов и недиссоциированных молекул, количественное соотношение между которыми определяется константой диссоциации К25°С = 2,4.10-4 и значениями **рН**. При поступлении муравьиной кислоты в водные объекты она разрушается главным образом под влиянием биохимических процессов.

*В незагрязненных речных и озерных водах муравьиная кислота обнаружена в концентрациях 0-830 мкг/дм3, в снеговых — 46-78 мкг/дм3, в грунтовых — до 235 мкг/дм3, в морских — до 680 мкг/дм3. Концентрация муравьиной кислоты подвержена заметным сезонным колебаниям, что определяется главным образом интенсивностью биохимических процессов, протекающих в воде.*

*ПДКв — 3,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный), ПДКвр — 1,0 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

Уксусная кислота

*ПДКв — 1,0 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Пропионовая кислота*

Пропионовая кислота может поступать в природные воды со стоками химической промышленности.

Пропионовая кислота способна ухудшать органолептические свойства воды, придавая ей запах и кисловато-вяжущий привкус. Наиболее существенным для пропионовой кислоты является неблагоприятное влияние на санитарный режим водоемов и в первую очередь на процессы БПК и кислородный режим. На полное биохимическое окисление 1 мг пропионовой кислоты затрачивается 1,21 -1,25 мг молекулярного кислорода.

*ПДКвр — 0,6 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Масляная кислота*

*ПДКв — 0,7 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный).*

*Молочная кислота*

В природных водах молочная кислота в микрограммовых концентрациях присутствует в результате образования в процессах жизнедеятельности и посмертного разложения водных организмов и биохимической трансформации содержащихся в воде органических веществ.

Молочная кислота находится в воде преимущественно в растворенном состоянии в виде ионов и недиссоциированнных молекул, количественное соотношение между которыми определяется константой диссоциации К25°С = 3.10-4 и зависит от **рН** среды. Молочная кислота частично мигрирует в виде комплексных соединений с тяжелыми металлами.

Концентрация молочной кислоты подвержена заметным сезонным изменениям, что определяется главным образом интенсивностью биохимических процессов, протекающих в воде.

*Молочная кислота в незагрязненных поверхностных водах обнаруживалась в концентрациях от 0,1 до 0,4 мкг-экв/дм3.*

*ПДКв — 0,9 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный).*

*Бензойная кислота*

В незагрязненных природных водах бензойная кислота в небольших количествах образуется в процессах жизнедеятельности водных организмов и их посмертного разложения. Основным источником поступления больших количеств бензойной кислоты в водоемы являются стоки промышленных предприятий, так как бензойная кислота и различные ее производные широко используются при консервировании пищевых продуктов, в парфюмерной промышленности, для синтеза красителей и т.д.

Бензойная кислота хорошо растворима в воде, и содержание ее в поверхностных водах будет определяться концентрацией сбрасываемых сточных вод и скоростью биохимического окисления.

Токсичными свойствами бензойная кислота практически не обладает. Неблагоприятное действие ее на водоем связано с изменением кислородного режима и **рН** воды.

*ПДКв — 0,6 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный).*

*Гумусовые кислоты*

Гуминовые и фульвокислоты, объединяемые под названием гумусовые кислоты, нередко составляют значительную долю органического вещества природных вод и представляют собой сложные смеси биохимически устойчивых высокомолекулярных соединений.

Главным источником поступления гумусовых кислот в природные воды являются почвы и торфяники, из которых они вымываются дождевыми и болотными водами. Значительная часть гумусовых кислот вносится в водоемы вместе с пылью и образуется непосредственно в водоеме в процессе трансформации "живого органического вещества".

Гумусовые кислоты в поверхностных водах находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, соотношения между которыми определяются химическим составом вод, рН, биологической ситуацией в водоеме и другими факторами.

Наличие в структуре фульво- и гуминовых кислот карбоксильных и фенолгидроксильных групп, аминогрупп способствует образованию прочных комплексных соединений гумусовых кислот с металлами. Некоторая часть гумусовых кислот находится в виде малодиссоциированных солей — гуматов и фульватов. В кислых водах возможно существование свободных форм гуминовых и фульвокислот.

Гумусовые кислоты в значительной степени влияют на органолептические свойства воды, создавая неприятный вкус и запах, затрудняют дезинфекцию и получение особо чистой воды, ускоряют коррозию металлов. Они оказывают влияние также на состояние и устойчивость карбонатной системы, ионные и фазовые равновесия и распределение миграционных форм микроэлементов. Повышенное содержание гумусовых кислот может оказывать отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в водоеме, идущего на их окисление, и их разрушающего влияния на устойчивость витаминов. В то же время при разложении гумусовых кислот образуется значительное количество ценных для водных организмов продуктов, а их органоминеральные комплексы представляют наиболее легко усваиваемую форму питания растений микроэлементами.

Почвенные кислоты: гуминовые (в щелочной среде) и особенно хорошо растворимые фульвокислоты играют наибольшую роль в миграции тяжелых металлов.

Гуминовые кислоты

Гуминовые кислоты содержат циклические структуры и различные функциональные группы (гидроксильные, карбонильные, карбоксильные, аминогруппы и др.). Молекулярная масса их колеблется в широком интервале (от 500 до 200 000 и более). Относительная молекулярная масса условно принимается равной 1300-1500.

*Содержание гуминовых кислот в поверхностных водах обычно составляет десятки и сотни микрограммов в 1 дм3 по углероду, достигая нескольких миллиграммов в 1 дм3 в природных водах лесных и болотистых местностей, придавая им характерный бурый цвет. В воде многих рек гуминовые кислоты не обнаруживаются.*

Фульвокислоты

Фульвокислоты являются частью гумусовых кислот, не осаждающихся при нейтрализации из раствора органических веществ, извлеченных из торфов и бурых углей обработкой щелочью. Фульвокислоты представляют соединения типа оксикарбоновых кислот с меньшим относительным содержанием углерода и более выраженными кислотными свойствами.

*Хорошая растворимость фульвокислот по сравнению с гуминовыми кислотами является причиной их более высоких концентраций и распространения в поверхностных водах. Содержание фульвокислот, как правило, превышает содержание гуминовых кислот в 10 раз и более.*

*Азот органический*

Под "органическим азотом" понимают азот, входящий в состав органических веществ, таких, как протеины и протеиды, полипептиды (высокомолекулярные соединения), аминокислоты, амины, амиды, мочевина (низкомолекулярные соединения).

Значительная часть азотсодержащих органических соединений поступает в природные воды в процессе отмирания организмов, главным образом фитопланктона, и распада их клеток. Концентрация этих соединений определяется биомассой гидробионтов и скоростью указанных процессов. Другим важным источником азотсодержащих органических веществ являются прижизненные их выделения водными организмами. К числу существенных источников азотсодержащих соединений относятся также атмосферные осадки, в которых концентрация азотсодержащих органических веществ близка к наблюдающейся в поверхностных водах. Значительное повышение концентрации этих соединений нередко связано с поступлением в водные объекты промышленных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

*На долю органического азота приходится 50-75% общего растворенного в воде азота. Концентрация органического азота подвержена значительным сезонным изменениям с общей тенденцией к увеличению в вегетационный период (1,5-2,0 мг/дм3) и уменьшению в период ледостава (0,2-0,5 мг/дм3). Распределение органического азота по глубине неравномерно — повышенная концентрация наблюдается, как правило, в зоне фотосинтеза и в придонных слоях воды.*

*Мочевина*

Мочевина (карбамид), будучи одним из важных продуктов жизнедеятельности водных организмов, присутствует в природных водах в заметных концентрациях: до 10-50% суммы азотсодержащих органических соединений в пересчете на азот. Значительные количества мочевины поступают в водные объекты с хозяйственно-бытовыми сточными водами, с коллекторными водами, а также с поверхностным стоком в районах использования ее в качестве азотного удобрения. Карбамид может накапливаться в природных водах в результате естественных биохимических процессов как продукт обмена веществ водных организмов, продуцироваться растениями, грибами, бактериями как продукт связывания аммиака, образующегося в процессе диссимиляции белков. Значительное влияние на концентрацию мочевины оказывают внеорганизменные ферментативные процессы. Под действием ферментов происходит распад мононуклеотидов отмерших организмов с образованием пуриновых и пиримидиновых оснований, которые в свою очередь распадаются за счет микробиологических процессов до мочевины и аммиака. Под действием специфического фермента (уреазы) мочевина распадается до аммонийного иона и потребляется водными растительными организмами.

Повышение концентрации мочевины может указывать на загрязнение водного объекта сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Оно обычно сопровождается активизацией процессов утилизации мочевины водными организмами и потреблением кислорода, приводящего к ухудшению кислородного режима.

*В речных незагрязненных водах концентрация мочевины колеблется в пределах 60-300 мкг/дм3, или в пересчете на азот 30-150 мкг/дм3, в водохранилищах и озерах — от 40 до 250 мкг/дм3. Наиболее высокая концентрация ее обнаруживается в пробах, отобранных в летне-осенний период (июль-сентябрь).*

*ПДКвр — 80 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Амины*

К основным источникам образования и поступления в природные воды аминов следует отнести:

1. декарбоксилирование при распаде белковых веществ под воздействием декарбоксилаз бактерий и грибов и аминирование;
2. водоросли;
3. атмосферные осадки;
4. сточные воды анилино-красочных предприятий.

Амины присутствуют преимущественно в растворенном и отчасти в сорбированном состоянии. С некоторыми металлами они могут образовывать довольно устойчивые комплексные соединения.

*Концентрация аминов в воде рек, водохранилищ, озер, атмосферных осадках колеблется в пределах 10 — 200 мкг/дм3. Более низкое содержание характерно для малопродуктивных водных объектов.*

Амины токсичны. Обычно принято считать, что первичные алифатические амины токсичнее вторичных и третичных, диамины токсичнее моноаминов; изомерные алифатические амины более токсичны, чем алифатические амины нормального строения; моноамины с большей вероятностью обладают гепатотоксичностью, а диамины — нефротоксичностью. Наибольшей токсичностью и потенциальной опасностью среди алифатических аминов характеризуются непредельные амины из-за наиболее выраженной у них способности угнетать активность аминооксидаз.

Амины, присутствуя в водных объектах, отрицательно влияют на органолептические свойства воды, могут усугублять заморные явления.

*ПДКв для различных видов аминов — от 0,01 до 170 мг/дм3.*

Анилин

Анилин относится к ароматическим аминам и представляет собой бесцветную жидкость с характерным запахом.

В поверхностные воды анилин может поступать со сточными водами химических (получение красителей и пестицидов) и фармацевтических предприятий.

Анилин обладает способностью окислять гемоглобин в метгемоглобин.<P

*ПДКв — 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,0001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

Уротропин

Гексаметилентетрамин — **(CH2)6N4**

*ПДКв — 0,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Нитробензол*

Нитробензол — бесцветная или зеленовато-желтая маслянистая жидкость с запахом горького миндаля.

Нитробензол токсичен, проникает через кожу, оказывает сильное действие на центральную нервную систему, нарушает обмен веществ, вызывает заболевания печени, окисляет гемоглобин в метгемоглобин.

*ПДКв — 0,2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический)*

*Сера органическая*

*Метилмеркаптан*

Метилмеркаптан является продуктом метаболизма живых клеток. Он также поступает со стоками предприятий целлюлозной промышленности (0,05 — 0,08 мг/дм3).

В водном растворе метилмеркаптан является слабой кислотой и частично диссоциирует (степень диссоциации зависит от **рН** среды). При **рН** 10,5 50% метилмеркаптана находится в ионной форме, при **рН** 13 происходит полная диссоциация. Метилмеркаптан стабилен менее 12 часов, образует соли — меркаптиды.

*ПДКв — 0,0002 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический).*

*Диметилсульфид*

Диметилсульфид выделяется водорослями (Oedogonium, Ulothrix) в ходе нормальных физиологических процессов, имеющих существенное значение в круговороте серы. В поверхностные воды диметилсульфид может поступать также со стоками предприятий целлюлозной промышленности (0,05 — 0,08 мг/дм3).

*Концентрация диметилсульфида в морях достигает n·10-5 мг/дм3 (повышенное содержание наблюдается в местах скопления водорослей).*

Диметилсульфид не может долго сохраняться в воде водоемов (стабилен от 3 до 15 суток). Он частично подвергается превращениям при участии водорослей и микроорганизмов, а в основном испаряется в воздух.

В концентрациях 1-10 мкг/дм3 диметилсульфид обладает слабой мутагенной активностью.

*ПДКв — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,00001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности —токсикологический).*

*Диметилдисульфид*

Диметилдисульфид образуется в клетках различных представителей флоры и фауны в ходе метаболизма сераорганических соединений, а также может поступать со стоками предприятий целлюлозной промышленности.

*ПДКв — 0,04 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,00001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Карбонильные соединения*

К карбонильным относятся соединения, содержащие карбонильные и карбоксильные группы (альдегиды, кетоны, кетокислоты, полуфункциональные карбонилсодержащие вещества).

В природных водах карбонильные соединения могут появляться в результате прижизненных выделений водорослей, биохимического и фотохимического окисления спиртов и органических кислот, распада органических веществ типа лигнина, обмена веществ бактериобентоса. Постоянное присутствие карбонильных соединений среди кислородных соединений нефти и в воде, контактирующей с залежами углеводородов, позволяет рассматривать последние в качестве одного из источников обогащения природных вод этими веществами. Источником карбонильных соединений являются также наземные растения, в которых образуются альдегиды и кетоны алифатического ряда и фурановые производные. Значительная часть альдегидов и кетонов поступает в природные воды в результате деятельности человека.

Основными факторами, обусловливающими уменьшение концентрации карбонильных соединений, являются их способность к окислению, летучесть и относительно высокая трофическая ценность отдельных групп карбонилсодержащих веществ.

*В поверхностных водах карбонильные соединения находятся в основном в растворенной форме. Средняя концентрация их в воде рек и водохранилищ колеблется от 1 до 6 мкмоль/дм3, несколько выше она (6-40 мкмоль/дм3) в озерах дистрофного типа. Максимальные концентрации в водах нефтяных и газонефтяных залежей — 40-100 мкмоль/дм3.*

*В воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования нормируются отдельные соединения с карбонильной группой: циклогексанон ПДКв — 0,2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), формальдегид ПДКв — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

*Ацетон*

В природные воды ацетон поступает со сточными водами фармацевтических, лесохимических производств, производства лаков и красок, пластмасс, кинопленки, ацетилена, ацетальдегида, уксусной кислоты, оргстекла, фенола, ацетона.

В концентрациях 40-70 мг/дм3 ацетон придает воде запах, 80 мг/дм3 — привкус. В воде ацетон малостабилен — при концентрациях 20 мг/дм3 на седьмые сутки исчезает.

Для водных организмов ацетон сравнительно малотоксичен. Токсические концентрации для молодых дафний составляют 8300, для взрослых - 12900 мг/дм3; при 9300 мг/дм3 дафнии гибнут через 16 часов.

Ацетон — наркотик, поражающий все отделы ЦНС. Кроме того, он оказывает эмбриотоксическое действие.

*ПДКв — 2,2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный), ПДКвр — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Формальдегид*

Формальдегид поступает в водную среду с промышленными и коммунальными сточными водами. Он содержится в сточных водах производств основного органического синтеза, пластмасс, лаков, красок, лекарственных препаратов, предприятий кожевенной, текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности.

В дождевой воде городских районов зарегистрировано присутствие формальдегида. Формальдегид — сильный восстановитель. Он конденсируется с аминами, с аммиаком образует уротропин. В водной среде формальдегид подвергается биодеградации. В аэробных условиях при 20°С разложение продолжается около 30 часов, в анаэробных — примерно 48 часов. В стерильной воде формальдегид не разлагается. Биодеградация в водной среде обусловлена действием *Pseudomonas, Flavobacterium, Mycobacterium, Zanthomonas.*

Подпороговая концентрация, не влияющая на санитарный режим водоемов и сапрофитную микрофлору, составляет 5 мг/дм3; максимальная концентрация, не вызывающая при постоянном воздействии в течение сколь угодно длительного времени нарушение биохимических процессов, - 5 мг/дм3, максимальная концентрация, не влияющая на работу биологических очистных сооружений, - 1000 мг/дм3.

БПК5 = 0,68 мг/дм3, БПКполн = 0,72 мг/дм3, ХПК = 1,07 мг/дм3. Запах ощущается при 20 мг/дм3.

При 10 мг/дм3 формальдегид оказывает токсическое действие на наиболее чувствительные виды рыб. При 0,24 мг/дм3 ткани рыб приобретают неприятный запах.

Формальдегид оказывает общетоксическое действие, вызывает поражение ЦНС, легких, печени, почек, органов зрения. Возможно кожно-резорбтивное действие. Формальдегид обладает раздражающим, аллергенным, мутагенным, сенсибилизирующим, канцерогенным действием.

*ПДКв — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,25 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологичекий).*

*Углеводы*

Под углеводами понимают группу органических соединений, которая объединяет моносахариды, их производные и продукты конденсации — олигосахариды и полисахариды. В поверхностные воды углеводы поступают главным образом вследствие процессов прижизненного выделения водными организмами и их посмертного разложения. Значительные количества растворенных углеводов попадают в водные объекты с поверхностным стоком в результате вымывания их из почв, торфяников, горных пород, с атмосферными осадками, со сточными водами дрожжевых, пивоваренных, сахарных, целлюлозно-бумажных и других заводов.

В поверхностных водах углеводы находятся в растворенном и взвешенном состоянии в виде свободных редуцирующих сахаров (смесь моно, ди- и трисахаридов) и сложных углеводов.

*Концентрация в речных водах свободных редуцирующих сахаров и сложных углеводов в пересчете на глюкозу составляет 100-600 и 250-1000 мкг/дм3. В воде водохранилищ концентрация их соответственно равна 100-400 и 200-300 мкг/дм3, в воде озер пределы возможных концентраций редуцирующих сахаров 80-65000 мкг/дм3 и сложных углеводов 140-6900 мкг/дм3 — более широки, чем в реках и водохранилищах. В морских водах суммарная концентрация углеводов составляет 0-8 мг/дм3, в атмосферных осадках 0-4 мг/дм3. Наблюдается корреляция между содержанием углеводов и интенсивностью развития фитопланктона.*

*Жиры*

Жиры представляют собой полные сложные эфиры глицерина и жирных кислот (стеариновой, пальмитиновой, олеиновой).

Жиры, присутствующие в природных водах, являются главным образом результатом метаболизма растительных и животных организмов и их посмертного разложения. Жиры образуются при фотосинтезе и биосинтезе и входят в состав внутриклеточных и резервных липидов. Высокие концентрации жиров в воде связаны со сбросом в водные объекты сточных вод предприятий пищевой и кожевенной промышленности, а также хозяйственно-бытовых сточных вод. Понижение содержания жиров в природных водах связано с процессами их ферментативного гидролиза и биохимического окисления.

Жиры находятся в поверхностных водах в растворенном, эмульгированном и сорбированном взвешенными веществами и донными отложениями состояниях. Они входят в состав более растворимых сложных соединений с белками и углеводами, которые находятся в воде как в растворенном, так и в коллоидном состояниях.

Попадая в водный объект в повышенных концентрациях, жиры ухудшают его кислородный режим, органолептические свойства воды, стимулируют развитие микрофлоры.

*Содержание жиров в поверхностных водах колеблется от сотых долей миллиграмма до нескольких миллиграммов в 1 дм3.*

*Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)*

СПАВ представляют собой обширную группу соединений, различных по своей структуре, относящихся к разным классам. Эти вещества способны адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать вследствие этого поверхностную энергию (поверхностное натяжение). В зависимости от свойств, проявляемых СПАВ при растворении в воде, их делят на анионоактивные вещества (активной частью является анион), катионоактивные (активной частью молекул является катион), амфолитные и неионогенные, которые совсем не ионизируются.

**Анионоактивные СПАВ** в водном растворе ионизируются с образованием отрицательно заряженных органических ионов. Из анионоактивных СПАВ широкое применение нашли соли сернокислых эфиров (сульфаты) и соли сульфокислот (сульфонаты). Радикал *R* может быть алкильным, алкиларильным, алкилнафтильным, иметь двойные связи и функциональные группы.

**Катионоактивные СПАВ** — вещества, которые ионизируются в водном растворе с образованием положительно заряженных органических ионов. К ним относятся четвертичные аммониевые соли, состоящие из: углеводородного радикала с прямой цепью, содержащей 12-18 атомов углерода; метильного, этильного или бензильного радикала; хлора, брома, иода или остатка метил- или этилсульфата.

**Амфолитные СПАВ** ионизируются в водном растворе различным образом в зависимости от условий среды: в кислом растворе проявляют катионоактивные свойства, а в щелочном — анионоактивные.

**Неионогенные СПАВ** представляют собой высокомолекулярные соединения, которые в водном растворе не образуют ионов.

В водные объекты СПАВ поступают в значительных количествах с хозяйственно-бытовыми (использование синтетических моющих средств в быту) и промышленными сточными водами (текстильная, нефтяная, химическая промышленность, производство синтетических каучуков), а также со стоком с сельскохозяйственных угодий (в качестве эмульгаторов входят в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов).

Главными факторами понижения их концентрации являются процессы биохимического окисления, сорбция взвешенными веществами и донными отложениями. Степень биохимического окисления СПАВ зависит от их химического строения и условий окружающей среды.

По биохимической устойчивости, определяемой структурой молекул, СПАВ делят на мягкие, промежуточные и жесткие с константами скорости биохимического окисления, соответственно не менее 0,3 сутки-1; 0,3-0,05 сутки-1; менее 0,05 сутки-1. К числу наиболее легко окисляющихся СПАВ относятся первичные и вторичные алкилсульфаты нормального строения. С увеличением разветвления цепи скорость окисления понижается, и наиболее трудно разрушаются алкилбензолсульфонаты, приготовленные на основе тетрамеров пропилена.

При понижении температуры скорость окисления СПАВ уменьшается и при 0-5°С протекает весьма медленно. Наиболее благоприятные для процесса самоочищения от СПАВ нейтральная или слабощелочная среды (**рН** 7-9).

С повышением содержания взвешенных веществ и значительным контактом водной массы с донными отложениями скорость снижения концентрации СПАВ в воде обычно повышается за счет сорбции и соосаждения. При значительном накоплении СПАВ в донных отложениях в аэробных условиях происходит окисление микрофлорой донного ила. В случае анаэробных условий СПАВ могут накапливаться в донных отложениях и становиться источником вторичного загрязнения водоема.

Максимальные количества кислорода (БПК), потребляемые 1 мг/дм3 различных ПАВ колеблется от 0 до 1,6 мг/дм3. При биохимическом окислении СПАВ, образуются различные промежуточные продукты распада: спирты, альдегиды, органические кислоты и др. В результате распада СПАВ, содержащих бензольное кольцо, образуются фенолы.

В поверхностных водах СПАВ находятся в растворенном и сорбированном состоянии, а также в поверхностной пленке воды водного объекта.

*В слабозагрязненных поверхностных водах концентрация СПАВ колеблется обычно в пределах тысячных и сотых долей миллиграмма в 1 дм3. В зонах загрязнения водных объектов концентрация повышается до десятых долей миллиграмма, вблизи источников загрязнения может достигать нескольких миллиграммов в 1 дм3.*

Попадая в водоемы и водотоки, СПАВ оказывают значительное влияние на их физико-биологическое состояние, ухудшая кислородный режим и органолептические свойства, и сохраняются там долгое время, так как разлагаются очень медленно. Отрицательным, с гигиенической точки зрения, свойством ПАВ является их высокая пенообразующая способность. Хотя СПАВ не являются высокотоксичными веществами, имеются сведения о косвенном их воздействии на гидробионтов. При концентрациях 5-15 мг/дм3 рыбы теряют слизистый покров, при более высоких концентрациях может наблюдаться кровотечение жабр.

*ПДКв СПАВ составляет 0,5 мг/дм3, ПДКвр — 0,1 мг/дм3.*

*Неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ)*

Токсическое действие НПАВ определяется главным образом неполярной частью молекулы, при этом оно более выражено при наличии в последней ароматического кольца.

*ПДКв большинства НПАВ (препараты ОП-7, ОП-10, ОС-20, оксанол КШ-9, оксанол Л-7, проксамин 385, проксанол 186, синтамид, синтанолы, ВН-7 и др.) 0,1 мг/дм3, лимитирующий показатель вредности — органолептический (пенообразование). Поскольку указанные соединения имеют один норматив с одним и тем же показателем вредности, при санитарно-химическом контроле можно ограничиваться определением их суммарного содержания.*

Полиакриламид

Полиакриламид — твердое аморфное белое или частично прозрачное вещество без запаха, растворимое в воде. Молекулярная масса составляет до 5 500 000.

Полиакриламид используется как флокулянт при осветлении сточных вод, коагулянт в металлургии, флотореагент, диспергатор, загуститель. Он содержится в сточных водах сульфатцеллюлозных заводов и обогатительных фабрик.

В воде полиакриламид постепенно гидролизуется до аммониевой соли полиакриловой кислоты.

*ПДКв — 2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Смолистые вещества*

Некоторые растения вырабатывают сложные по химическому составу смолистые вещества. Наиболее токсичны для рыб и представителей планктона смолистые вещества, выделяемые хвойными породами (сосна, ель).

Смолистые вещества поступают в поверхностные воды в результате лесосплава, а также со стоками гидролизной промышленности (переработка непищевого растительного сырья).

*ПДКвр для смолистых веществ, вымываемых из хвойных пород древесины — ниже 2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Дубильные вещества (танниды)*

Во многих растениях содержатся фенольные соединения — дубильные вещества. В поверхностные воды они поступают в результате лесосплава, а также со стоками гидролизной промышленности (переработка непищевого растительного сырья — целлюлозно-бумажной и отчасти текстильной промышленности).

*ПДКвр — 10 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Водорастворимый сульфатный лигнин*

Лигнин представляет собой высокомолекулярное соединение ароматической природы. Различают три класса лигнинов: лигнин хвойной древесины, лиственной древесины и травянистых растений. Общей структурной единицей всех видов лигнина является фенилпропан. Различия связаны с разным содержанием функциональных групп. В растворенной форме сульфатный лигнин поступает в поверхностные водоемы со сточными водами предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (сульфатная варка целлюлозы).

Важнейшим свойством лигнина является его склонность к реакциям конденсации. В природных водах лигнин разрушается примерно через 200 суток. При разложении лигнина появляются токсичные низкомолекулярные продукты распада (фенолы, метанол, карбоновые кислоты).

*ПДКв — 5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Хлорорганические соединения*

Хлорорганические соединения относят к **суперэкотоксикантам** — чужеродным веществам, которые отличаются уникальной биологической активностью, распространяются в окружающей среде далеко за пределы своего первоначального местонахождения и уже на уровне микропримесей оказывают негативное воздействие на живые организмы.

К хлорорганическим соединениям относят полихлорированные диоксины, дибензофураны, бифенилы, а также хлорорганические пестициды.

Диоксины хорошо растворимы в органических растворителях и **практически нерастворимы в воде**. Среди других характеристик диоксинов следует указать на их высокую адгезионную способность, в том числе к почве, частичкам золы, донным отложениям, что способствует их накоплению и миграции в виде комплексов с органическими веществами и поступлению в воздух, воду и пищевые продукты.

Однако опасность диоксинов состоит не столько в острой токсичности, сколько в **кумулятивном действии** и **отдаленных последствиях**. В настоящее время признано недопустимым присутствие диоксинов в продуктах питания, воздухе и питьевой воде. Однако достичь этого при наличии в окружающей среде больших количеств указанных ксенобиотиков практически невозможно. Поэтому санитарно-гигиеническими службами и органами охраны природы большинства развитых стран установлены нормы допустимого поступления диоксинов в организм человека, а также предельно-допустимые концентрации или уровни их содержания в различных средах.

*Хлорированные бифенилы (трихлордифенил, бихлордифенил)*

В воду хлорированные бифенилы попадают главным образом за счет сброса промышленных отходов в реки, а также из отбросов судов. Они накапливаются в иловых отложениях водоемов (в воде рек и лиманов содержится 50-500 мг/дм3).

В почву хлорированные бифенилы попадают при использовании ила в качестве удобрения и с полей орошения.

Снижение содержания их в почве происходит благодаря испарению и биотрансформации: период полуразложения около 5 лет.

Хлорированные бифенилы обнаружены во всех объектах окружающей среды и всех звеньях биологических цепей, в частности, яйцах птиц; они весьма устойчивы к воздействию факторов окружающей среды.

Хлорированные бифенилы — высокотоксичные соединения, поражающие печень и почки. Их хроническое действие сходно с действием хлорпроизводных нафталина. Они вызывают порфирию: активируют микросомные ферменты печени. С повышением содержания хлора в молекуле хлорбифенилов это последнее свойство усиливается.

Хлорбифенилы обладают эмбриотоксическим действием. По-видимому, токсическое действие хлорированных бифенилов связано с образованием высокотоксичных полихлордибензофуранов и полихлордибензодиоксинов. Медленно накапливаются в организме. Хлорированные бифенилы оказывают выраженное влияние на репродуктивную функцию.

Прочие

*Фурфурол*

Фурфурол попадает в поверхностные воды со сточными водами химических комбинатов (он является сырьем для органического синтеза).

Фурфурол является стабильным веществом.

Кроме ингаляционного способа проникновения фурфурола в организм большую опасность представляет его проникновение через кожный покров. Попадание фурфурола на тело человека вызывает сильное раздражение кожного покрова.

*ПДКв — 1,0 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Ксантогенаты*

Ксантогенаты представляет собой соли и эфиры ксантогеновых кислот **ROC(S)SH**. Это устойчивые соединения бледно-желтого цвета с неприятным запахом. Ксантогенаты щелочных растворов растворимы в воде. Они наиболее стабильны, когда **R** — остаток вторичного спирта. Увеличение молекулярной массы или разветвление углеводородного фрагмента повышает их стабильность и уменьшает растворимость. Ксантогенаты щелочных металлов могут разлагаться до спиртов и сероуглерода. Ксантогенаты на основе третичных спиртов в воде нестабильны.

Ксантогенаты применяются как флотореагенты для извлечения сульфидов тяжелых металлов из руд. Ксантогенаты целлюлозы используют при производстве вискозного волокна и целлофана. Они применяются также для получения гербицидов, инсектицидов, фунгицидов и в качестве ингибиторов в азотных удобрениях.

Токсическое действие ксантогенатов связано с образованием из них в организме CS2, чем объясняются значительная токсичность и влияние на ЦНС. Ксантогенаты воздействуют на окислительно-восстановительные процессы в организме, ингибируют ряд ферментов.

Таким образом, ксантогенаты должны включаться в программы наблюдений за состоянием водных объектов, принимающих сточные воды заводов по обогащению сульфидных руд металлов, производства вискозы, средств защиты растений.

*По отдельным веществам установлены нормативы в воде водоемов: для этилксантогената калия ПДКв 0,1 мг/дм3, для изоамил- и изобутилксантогената калия — 0,005 мг/дм3.*

*Капролактам*

Капролактам хорошо растворим в воде, полимеризуется с образованием полиамидной смолы.

Капролактам применяют для получения поли-e-капроамида.

*ПДКв — 1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — общесанитарный), ПДКвр — 0,01 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

*Циклогексанон*

Циклогексанон попадает в водоемы со сточными водами лесохимического производства, производства капролактама и пластмасс.

В концентрации 1 мг/дм3 он придает воде запах. Токсические концентрации для рыб колеблются от 1 до 100 мг/дм3, для дафний ЛД50 составляет 800 мг/дм3.

Циклогексанон является наркотиком с раздражающим действием.

*ПДКв — 0,2 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,0005 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — токсикологический)*

*Циклогексаноноксим*

Циклогексаноноксим является промежуточным продуктом в синтезе капролактама.

В концентрации 7800 мг/дм3 он сообщает воде водоемов запах в 1 балл, сохраняющийся долгое время.

Циклогексаноноксим является слабым наркотиком, нарушает структуру гемоглобина.

*ПДКв — 1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДКвр — 0,01 мг/дм3.*

*Пестициды*

К пестицидам относят химические вещества, применяемые для борьбы с различными вредными организмами: растительноядными клещами (акарициды), насекомыми (инсектициды), бактериями (бактерициды), высшими растениями (гербициды), грибами (фунгициды), моллюсками (лимациды), круглыми червями (нематоциды), паразитическими червями у животных (антигельминты), тлей (афицид), личинками и гусеницами (ларвициды) и др. В эту группу веществ обычно включают и антисептики, применяемые для предохранения неметаллических материалов от разрушения микроорганизмами, а также вещества, употребляемые для предуборочного удаления листьев с растений (дефолианты), вызывающие обезвоживание тканей растений, что ускоряет их созревание и облегчает уборку урожая (десиканты), предпосевную обработку семян (протравители семян) и др.

Пестициды подразделяются на два основных класса: **хлорорганические** и **фосфорорганические**. Хлорорганические пестициды представляют собой хлорпроизводные многоядерных углеводородов (ДДТ), циклопарафинов (гексахлорциклогексан), соединения диенового ряда (гептахлор), алифатических карбоновых кислот (пропанид) и др.

Важнейшей отличительной чертой большинства хлорорганических соединений является стойкость к воздействию различных факторов окружающей среды (температура, солнечная радиация, влага и др.) и нарастание концентрации их в последующих звеньях биологической цепи (например, содержание ДДТ в гидробионтах может превышать содержание его в воде на один-два порядка). Хлорорганические инсектициды обладают значительно большей токсичностью для рыб.

Фосфорорганические пестициды представляют собой сложные эфиры: фосфорной кислоты — диметилдихлорвинилфосфат (ДДВФ); тиофосфорной — метафос, метилнитрофос; дитиофосфорной — карбофос, рогор; фосфоновой — хлорофос. Преимуществом фосфорорганических пестицидов является их относительно малая химическая и биологическая устойчивость. Большая часть их разлагается в растениях, почве, воде в течение одного месяца, но отдельные инсектициды и акарициды внутрирастительного действия (рогор, сейфос и др.) могут сохраняться в течение года.

Некоторые химические препараты могут действовать на вредные организмы только при непосредственном контакте (**контактные пестициды**). Для проявления действия такой препарат обязательно должен войти в непосредственное соприкосновение с объектом воздействия. Контактные гербициды должны, например, иметь контакт со всеми частями уничтожаемого растения, в противном случае возможно отрастание сорных растений. Контактные инсектициды в большинстве случаев проявляют свое действие при соприкосновении с любой частью тела насекомого. **Системные пестициды** способны передвигаться по сосудистой системе растения и в ряде случаев, по сосудистой системе животного. Они часто оказываются более эффективными, чем препараты контактного действия. Механизм действия системных фунгицидов в большинстве случаев существенно отличается от такового для инсектицидов. Если инсектициды поражают сосущих членистоногих в результате попадания яда в организм вредителя, то фунгициды в основном способствуют повышению устойчивости растения к данному виду заболевания.

Основным источником поступления пестицидов в водные объекты является поверхностный сток талых, дождевых и грунтовых вод с сельскохозяйственных угодий, коллекторно-дренажные воды, сбрасываемые с орошаемых территорий. Пестициды также могут вноситься в водные объекты во время их обработки с целью уничтожения нежелательных водных растений и других гидробионтов, со сточными водами промышленных предприятий, производящих ядохимикаты, непосредственно при обработке полей пестицидами с помощью авиации, при небрежной транспортировке их водным транспортом и при хранении. Несмотря на большой вынос стойких пестицидов в водную среду, содержание их в природных водах относительно невелико из-за быстрой кумуляции пестицидов гидробионтами и отложения в илах. Коэффициенты кумуляции (во сколько раз содержание химического вещества больше в гидробионтах, чем в воде) составляют от 3-10 до 1000-500000 раз.

*В поверхностных водах пестициды могут находиться в растворенном, взвешенном и сорбированном состояниях. Хлорорганические пестициды содержатся в поверхностных водах обычно в концентрациях n·10-5-n·10-3 мг/дм3, фосфорорганические — n·10-3-n·10-2 мг/дм3.*

*Гербициды*

Бутапон (2,4-Д БЭ, фенагон)

2,4-Дихлорфеноксиуксусной кислоты бутиловый эфир.

Бутапон - бесцветная жидкость, практически нерастворимая в воде. Технический препарат имеет запах и окрашен в коричневый цвет. Меры предосторожности при использовании бутапона - как со среднетоксичными пестицидами; следует избегать попадания препарата на кожу и особенно в глаза.

Препарат используется для борьбы с сорными растениями в зерновых культурах, на кукурузе, в сенокосных угодьях. Выпас скота и скашивание трав разрешается через 45 дней после обработки. Запрещается обрабатывать участки, расположенные ближе 200 м от водоемов.

*ПДКвр — 0,001 мг/дм3.*

Которан (фторметурон, пахтарон)

N,N- диметил-N'-(3-трифторметилфенил) мочевина.

Которан - гербицид, применяющийся для уничтожения сорняков в посевах хлопчатника. Меры предосторожности при использовании которана - как с малотоксичными пестицидами. Он представляет собой белое кристаллическое вещество, труднорастворимое в воде.

Препарат малотоксичен для пчел. В почве которан сохраняется довольно длительное время (7-8 месяцев).

*ПДКв — 0,3 мг/дм3. ПДКвр — 0,0007 мг/дм3.*

2М-4Х, МСРА (агритокс, агроксон, дикотекс, метоксон сис-67 МЦПА, сис-маказал, хедонал)

2-метил-4-хлорфеноксиуксусная кислота.

2М-4Х - белое кристаллическое вещество со слабым запахом, хорошо растворимое в воде. Меры предосторожности при использовании 2М-4Х - как со среднетоксичными пестицидами.

2М-4Х малотоксична для пчел, диких животных и птиц. Выпас скота на обработанных участках разрешается только через 45 дней после обработки. Препарат используется для борьбы с сорными растениями в посевах зерновых, овощных и овощных культур, а также для обработки сенокосных угодий и пастбищ.

*ПДКвр — 0,02 мг/дм3, ПДКв — 2 мг/дм3*

Пропазин (гезамил, милогард)

2,4-бис(изопропиламино)-6-хлор-1,3,5-триазин.

Пропазин - гербицид, применяющийся для уничтожения сорняков в посевах моркови, проса, сорго, кориандра. Это белое кристаллическое вещество, труднорастворимое в воде, малотоксичное для рыб. В почве препарат сохраняется до двух лет.

*ПДКв — 1 мг/дм3.*

Пропанид (ДПА, пропанил, простар, стам, стрел, суркопул)

3,4-дихлорфенилпропионанилид.

Пропанид относится к гербицидам и представляет собой белое кристаллическое вещество, труднорастворимое в воде.

Препарат применяется для борьбы с однолетними просовидными сорными растениями при возделывании риса, кориандра и базилика. При применении препарата необходимо исключить возможность его попадания в рыбоводные водоемы.

*ПДКв — 0,1 мг/дм3, ПДКвр — 0,0003 мг/дм3.*

Рамрод (ацилид, нитицид, шатецид, пропахлор)

N-изопропил-N-фенилхлорацетамид.

Рамрод – гербицид, представляющий собой белое кристаллическое вещество с периодом разложения в почве до нетоксичных продуктов — до 2-х месяцев.

Рамрод используется для борьбы с сорными растениями при возделывании капусты, лука, брюквы, турнепса, чеснока, кукурузы и некоторых других культур.

*ПДКв — 0,01 мг/дм3, в рыбохозяйственных водоемах содержание препарата не допускается.*

Сатурн (рисан, болеро, тиобенкарб, бентиокарб)

S-(4-хлорбензил)-N,N-диэтилтиокарбамат.

**п-Cl6H4CH2SCON(C2H5)2**

Сатурн - гербицид, применяемый для борьбы с просовидными сорными растениями при возделывании риса.

Препарат представляет собой светлую труднорастворимую в воде жидкость, нетоксичную для пчел и других насекомых. Меры предосторожности при использовании сатурна - как со среднетоксичными пестицидами.

*ПДКв — 0,05 мг/дм3, ПДКвр — 0,0002 мг/дм3.*

Симазин (аквазин, гезатоп, принцеп)

2-хлор-4,6-бис(этиламино)-1,3,5-триазин.

Симазин - гербицид, применяемый для уничтожения сорняков в посевах кукурузы, в садах, виноградниках, на плантациях чая. Это белое кристаллическое вещество, легко гидролизуемое в воде с образованием циануровой кислоты. Меры предосторожности при использовании симазина - как с малотоксичными пестицидами.

Симазин обладает широким спектром действия на однолетние сорные растения и большой продолжительностью сохранения в почве. В нашей стране симазин рекомендован на кукурузе, озимой пшенице и ржи, на картофеле, землянике, крыжовнике, малине и др. В больших дозах симазин может быть использован для сплошного уничтожения растений на несельскохозяйственных участках (территории железных дорог и аэродромов). В почве симазин сохраняется длительное время.

Симазин практически нетоксичен для птиц и пчел.

*Содержание препарата в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения не допускается, ПДКвр — 0,0024 мг/дм3.*

Трефлан (трифлуралин, гербитреф, дигермин, нитран, олитреф, флюран)

2,6-динитро-4-трифторметил-N,N-дипропилаланин.

Трефлан – труднорастворимое в воде кристаллическое вещество светло-желтого цвета. Меры предосторожности при использовании трефлана - как с малотоксичными пестицидами.

Этот гербицид используется для борьбы с однолетними сорными растениями при обработке сои, хлопчатника, подсолнечника, на капусте и томатах, моркови, арбузах и др. Во всех случаях обязательна заделка в почву, так как препарат легколетуч. Сам трефлан сравнительно быстро метаболирует под действием микроорганизмов почвы с образованием 28 продуктов превращения, однако некоторые их этих продуктов могут сохраняться в почве до 3-х лет.

*ПДКв — 0,02 мг/дм3, ПДКвр — 0,0003 мг/дм3.*

ТХАН (трихлорацетат натрия)

ССl3COONa, C2Cl3NaO2.

ТХАН – гербицид, который представляет собой хорошо растворимое в воде белое кристаллическое вещество.

ТХАН применяется для борьбы с однолетними сорными растениями при возделывании различных культур ранней весной и поздней осенью. ТХАН сравнительно быстро разлагается в почве, однако скорость разложения зависит от температуры и влажности. Персистентность в почве 14-90 дней. ТХАН малотоксичен для пчел и других полезных насекомых

*ПДКв — 5 мг/дм3, ПДКвр — 0,035 мг/дм3.*

Ялан (оксонат, ордрам, молинат, тиолент, шаккимол)

Этилтио-N,N-гексаметиленкарбамат.

Ялан представляет собой светлую гидролизуемую в воде маслянистую жидкость. Меры предосторожности при использовании препарата - как со среднетоксичными пестицидами, но следует избегать попадания в глаза.

Ялан применяется для борьбы с однолетними злаковыми сорными растениями в посевах риса. Ялан малотоксичен для полезных насекомых, кроме пчел. В почве препарат сохраняется от 2 до 6 месяцев.

*ПДКв — 0,07 мг/дм3, ПДКвр — 0,0025 мг/дм3.*

*Инсектициды*

Альдрин (аглюкон, вератокс, ГГДН, картофин, окталин, соединение 118)

1,2,3,4,10,10-гексахлор-1,4,5,8-диэндометилен-1,4,4а,5,8,8а-гексагидронафталин.

Альдрин – инсектицид, отличающийся большой устойчивостью, кумулятивностью и токсичностью. Это сильнодействующее ядовитое вещество, которое поражает внутренние органы (печень, почки). В РФ применение альдрина не разрешено.

Ранее альдрин широко использовался для протравливания семян и опрыскивания хлопчатника. В почве, растениях, в организме насекомых и позвоночных альдрин метаболизируется с образованием дильдрина. В почве данный инсектицид сохраняется долгое время: через год после опрыскивания обнаруживается 90%, а через 3 года — 72-80% использованного препарата. При 24-40°С 4-8% альдрина превращается в дильдрин.

Альдрин придает воде специфический запах и горько-вяжущий привкус. Порог ощущения запаха соответствует концентрации 0,03 мг/дм3, привкус возникает при концентрации 0,002 мг/дм3. В концентрациях 0,02-0,1 мг/дм3 препарат не изменяет процессов биохимического окисления органических соединений, а при концентрациях 1-10 мг/дм3 повышает БПК и оказывает стимулирующее влияние на развитие сапрофитной микрофлоры воды.

*ПДКв — 0,002 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический).*

Волатон (байтион, валексон, фоксим)

2-(Диэтокситиофосфиноилоксиамино)-2-фенилацетонитрил.

**С12Р15N2O3PS**

Волатон - инсектицид широкого спектра действия, представляющий собой растворимую в воде малолетучую жидкость коричневого цвета. Препарат подвержен быстрому фотохимическому распаду, под действием воды и щелочей гидролизуется. Волатон проявляет кожно-резорбтивное действие, кумулятивные свойства незначительны.

Волатон рекомендуется для борьбы с вредителями на озимых, сахарной свекле, капусте, картофеле, травах. Препарат применяется также для борьбы с вредителями хлебных запасов в зернохранилищах.

*ПДКв — 0,002 мг/дм3, в рыбохозяйственных водоемах содержание препарата не допускается.*

Гексахлорциклогексан (ГХЦГ, гексахлоран, гексатокс, долмикс, котол, синекс)

C6H6Cl6

ГХЦГ применяют в форме технического препарата - смеси восьми стереоизомеров (, , , , , , , ) — желтовато-серого (грязного) цвета с запахом плесени. В воде ГХЦГ нерастворим.

Это инсектицид комплексного действия, который применяют для борьбы с различными вредными насекомыми, в том числе в качестве инсектицидной добавки к протравителям семян с целью предохранения всходов от повреждения почвообитающими вредителями.

В водоемы ГХЦГ поступает из почвы с поверхностными стоками и ирригационными водами. При содержании ГХЦГ в почве 3,3 -5 мг/кг в воду переходит 0,6 мг/дм3 препарата. Если дожди идут сразу после внесения в почву ГХЦГ, в водоемы переходит ~ 1% препарата. Вынос гексахлорциклогексана зависит от состояния почвы: с необработанных площадей в 2 раза больше, чем со вспаханного поля. В водоемы ГХЦГ поступает также в результате непосредственного применения гексахлорциклогексана или гамма-гексахлорциклогексана для обработки воды при борьбе с комарами, за счет загрязнения сточными водами предприятий по производству пестицидов.

Из воды гексахлорциклогексан мигрирует по водным биологическим цепям: вода — фитопланктон — зоопланктон — рыбы — рыбоядные птицы; рыбы — морские млекопитающие; рыбы — человек. ГХЦГ длительно сохраняется в почве: через 3 года после обработки в почве обнаруживалось 5% препарата.

ГХЦГ – высокотоксичный нейротропный яд, обладающий эмбриотоксическим, кожно-резорбтивным и местно-раздражающим действием. ГХЦГ поражает кроветворную систему. Летальная доза для человека составляет 15 грамм.

Применение ГХЦГ в РФ не разрешено.

*ПДКв — 0,02 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), присутствие в водоемах рыбохозяйственного назначения недопустимо (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).*

ДДД

1,1-ди(4'-хлорфенил)-2,2-дихлорэтан.

ДДД – нерастворимый в воде инсектицид, который является продуктом восстановительного метаболизма ДДТ.

ДДТ (п,п' -ДДТ)

1,1,1-трихлор-2,2-бис-(4-хлорфенил)-этан.

ДДТ был одним из первых мощных инсектицидов, широкое применение которого связано с борьбой против переносчиков малярии и сыпного тифа во многих странах. Однако из-за широкого спектра действия вместе с вредными насекомыми уничтожались и полезные, а устойчивость ДДТ приводила к тому, что он накапливался в пищевых цепях и оказывал губительное действие на их концевые звенья.

ДДТ - белое кристаллическое вещество, малорастворимое в воде. Технический препарат этого инсектицида обычно содержит 75-76% основного вещества, остальное — родственные соединения (о,п-изомеры и др.). В настоящее время в большинстве стран введен запрет на применение ДДТ (в РФ — с 1970 г.). Однако полный запрет на применение ДДТ существует не во всех странах, кроме того, во многих странах еще имеются солидные запасы ДДТ. Обладая высокой стойкостью, ДДТ метаболизируется в окружающей среде и в организме животных, давая метаболиты нескольких типов, основным из которых является ДДЭ. ДДТ является канцерогеном и мутагеном, эмбриотоксином, нейротоксином, иммунотоксином, изменяет гормональную систему, обладает способностью к накоплению в организме животных и человека.

*ПДКв (для суммы изомеров и метаболитов) — 0,002 мг/дм3. Содержание препарата в воде рыбохозяйственных водоемов не допускается.*

Децис (бутокс, бутофлин, декаметрин, дельтаметрин)

1-цис-3-(2,2-дибромвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты-3-фенокси--цианбензиловый эфир.

Децис – инсектицид, представляющий собой практически нерастворимое в воде белое кристаллическое вещество.

Децис рекомендуется для применения против широкого круга вредителей растений на самых различных культурах, в том числе на плодовых деревьях, зерновых, бобовых, кукурузе, картофеле, рисе, капусте, томатах и ряде других культур.

*ПДКв — 0,006 мг/дм3. Содержание препарата в воде рыбохозяйственных водоемов не допускается.*

Дильдрин

1,2,3,4,10,10-гексахлор-6,7-эпокси-1,4.

В тех случаях, когда у насекомых вырабатывалась устойчивость к ДДТ, использовали дильдрин, который более эффективен и более стоек. Дильдрин является канцерогеном, влияет на иммунную систему, на мозговую деятельность. Он запрещен к применению во всех странах, однако благодаря своей высокой устойчивости он еще долго будет оказывать влияние на различные экосистемы и здоровье населения.

Карбофос (малатион, сумитокс, фостион, цитион)

О,О-диметил-S-(1,2-диэтоксикарбонилэтил)дитиофосфат.

Карбофос, представляющий собой бесцветную жидкость - инсектицид многофункционального действия: акарицид, нематицид, ларвицид. Меры предосторожности при использовании карбофоса - как со среднетоксичными пестицидами.

Препарат применяется для борьбы с вредными насекомыми и клещами на многих сельскохозяйственных культурах: плодовых, овощных, ягодных, зерновых. Карбофос эффективен на чайных плантациях, на хлопчатнике, рекомендован для борьбы с вредителями хлебных запасов в зернохранилищах.

*ПДКв — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), содержание препарата в воде рыбохозяйственных водоемов не допускается.*

Линдан (гаммафекс, гаммагексан, изотокс, линдатокс, линдрам, нексол, примекс)

Гексахлорциклогексан (гамма-изомер).

Линдан – высокоэффективный инсектицид с широким спектром действия, применяемый на многих сельскохозяйственных культурах. Он проявляет слабые кумулятивные свойства. В воде данный препарат стабилен: для биологического разрушения необходимо от 3 недель до 3 лет. Дафнии погибают при концентрации 0,1 мг/дм3. Линдан очень токсичен для пчел и других полезных насекомых. Применение препарата в РФ строго регламентировано. В настоящее время для защиты растений разрешается использовать линдан только в смесевых протравителях. Кроме того разрешено использование остатков препарата.

*ПДКв — 0,004 мг/дм3.*

Метафос (вофатокс, метацид, фолидол, паратион-метил)

О,О-диметил-О,п-нитрофенилтиофосфат.

**(CH3O)2P(S)OC6H4NO2-4**

Метафос относится к широко применяемым инсектоакарицидам с контактной токсичностью для большого числа вредных насекомых и клещей. Препарат применяется на зерновых и зернобобовых культурах, на сахарной свекле, на многолетних травах, на льне, подсолнечнике.

Метафос представляет собой белое кристаллическое вещество, которое быстро гидролизуется, особенно в щелочной среде. Метафос проявляет хорошо выраженное кожно-резорбтивнрое действие и умеренные кумулятивные свойства. При использовании метафоса необходимо соблюдать меры предосторожности как при обращении с особо токсичными пестицидами.

*ПДКв — 0,02 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический). В воде водоемов рыбохозяйственного назначения содержание препарата не допускается.*

Полихлоркамфен (камфехлор, токсафен)

Реакционная смесь, содержащая 20 хлорированных камфенов (67-69% хлора).

Поликамфамен представляет собой растворимое в воде воскообразное твердое вещество от светлого до темно-коричневого цвета. При нагревании, на ярком солнечном свету препарат подвергается дигидрохлорированию. Поликамфамен раздражает слизистые, следует избегать попадания препарата на кожу. Не допускается остаточное содержание поликамфамена в продуктах питания.

Поликамфамен токсичен для пчел. В настоящее время поликамфамен запрещен для применения. Ранее он использовался для борьбы с вредителями сахарной свеклы, гороха, для борьбы с колорадским жуком на картофеле.

*ПДКв — 0,002 мг/дм3. В воде водоемов рыбохозяйственного назначения содержание препарата не допускается.*

Рогор (диметоат, роксион, фосфамид, цигон)

О,О-диметил-S-(N-метилкарбамоилметил)дитиофосфат.

**(CH3)2P(S)SCH2CONHCH3**

Рогор - системный инсектицид, акарицид, афицид. Это белое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, быстро гидролизующееся в щелочной среде. При использовании рогора необходимо соблюдать меры предосторожности как при обращении со среднетоксичными пестицидами.

Рогор применяют на многих сельскохозяйственных культурах: плодовых, овощных, ягодных, зерновых и зернобобовых. Все продукты метаболизма рогора практически нетоксичны. В зависимости от нормы расхода препарат полностью разрушается в течение 16-20 дней. Кумулятивные свойства данного препарата незначительны.

*ПДКв — 0,03 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,0014 мг/дм3.*

Севин (арилат, дикарбам, карбарил, карбатокс, терцил)

-Нафтил-N-метилкарбамат.

Севин - инсектицид, применяющийся для уничтожения вредных насекомых в посевах хлопчатника, льна, в садах. Севин представляет собой белое кристаллическое вещество, плохо растворимое в воде. Препарат оказывает слабовыраженное раздражающее действие, проявляет незначительные кумулятивные свойства. При использовании севина необходимо соблюдать меры предосторожности как при обращении со среднетоксичными пестицидами. Не допускается остаточное содержание в растительной продукции и продукции животноводства.

*ПДКв — 0,1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДКвр — 0,0005 мг/дм3.*

Фостек (магтоксин, фостоксин, фосфид алюминия, целфос)

Алюминия фосфид.

**AlP.**

Фостек разрешен для фумигации зерна, муки, крупы, сухих овощей, складских помещений. Препарат представляет собой белое или светло-желтое вещество, относительно быстро разлагающееся водой с выделением фосфида водорода и гидроксида алюминия. При работе с фостеком необходимо принимать меры предосторожности, исключающие возможность попадания его на кожу, в глаза и в пищевые продукты. Препарат весьма токсичен при попадании в желудок.

*ПДКв алюминия составляет 0,5 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).*

Фьюри (зета-ципермертин, зетаметрин)

Фьюри представлет собой смесь изомеров циперметрина.

Цис,транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты-3-фенокси--цианобензиловый эфир.

**C22Н19Cl2O3**

Фьюри - инсектицид для борьбы с вредителями многих культур. Препарат слабо раздражает кожу и глаза. Меры предосторожности при использовании фьюри - как со среднетоксичными пестицидами.

Фьюри рекомендован для борьбы с тлей на пшенице, колорадским жуком на картофеле. Препарат высокотоксичен для многих насекомых и для рыб, относительно нетоксичен для диких животных и птиц.

*ПДКв - 0,006 мг/дм3. В воде водоемов рыбохозяйственного назначения содержание препарата не допускается.*

Хлорофос (трихлорфон, дилокс, диоксафос, тугон, рицифон, метрифонат)

1-гидрокси-2,2,2-трихлорэтил-О,О-диметилфосфонат.

**(CH3O)2P(O)CH(OH)CCl3**

Хлорофос - инсектицид, антигельминтик, афицид. Препарат, представляющий собой белый кристаллический порошок, широко применяется для борьбы с различными вредителями растений и паразитами животных. Хлорофос разлагается на свету, а также в щелочной среде, где протекает дегидрохлорирование. В природных водах он постепенно гидролизуется, окончательными продуктами гидролиза являются хлорацетальдегид и фосфорная кислота. Хлорофос проявляет умеренные кумулятивные свойства. Препарат обладает раздражающим действием, проявляет незначительные кумулятивные свойства. При использовании хлорофоса необходимо соблюдать меры предосторожности как при обращении со среднетоксичными пестицидами. Не допускается остаточное содержание в продуктах животноводства.

*ПДКв — 0,05 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности — органолептический), содержание препарата в воде рыбохозяйственных водоемов не допускается.*

*Дефолианты*

Бутифос

S,S,S-трибутилтритиофосфат.

**(C4H9S)3P=O**

Бутифос - дефолиант, который применяется для предуборочного удаления листьев у хлопчатника. Это светло-желтая жидкость с неприятным характерным запахом, нерастворимая в воде. Меры предосторожности при использовании бутифоса - как со среднетоксичными пестицидами. Разложение препарата в почве с деструкцией молекулы протекает сравнительно быстро и заканчивается практически через две недели. В РФ применение бутифоса прекращено.

*ПДКв — 0,0003 мг/дм3.*

*Фунгициды*

Ридомил (алацид, апрон, металаксил)

N-(2,6-ксилил)-N-(2-метоксиацетил)-DL-аланина метиловый эфир.

Ридомил - среднетоксичный системный фунгицид защитного и искореняющего действия, представляющий собой водорастворимое кристаллическое вещество белого или бежевого цвета.

Препарат применяется для борьбы с болезнями овощей в открытом грунте, табака, хмеля, виноградной лозы путем опрыскивания растений в период вегетации. Ридомил используется также для борьбы с корневыми гнилями в питомниках земляники и малины, разрешен в качестве протравителей семян. Препарат совместим с большинством инсектицидов, акарицидов и фунгицидов.

*ПДКв — 0,01 мг/дм3, ПДКвр — 0,021 мг/дм3.*

Сульфат меди (медный купорос, сернокислая медь)

Меди (II) сульфат, пентагидрат.

**CuSO4·5H2O, CuH10O5S**

Медный купорос - фунгицид, представляющий собой растворимые в воде голубые кристаллы. Препарат используется для борьбы с болезнями плодовых и ягодных деревьев и кустарников.

*Для ионов меди ПДКв установлена 1 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - органолептический), ПДКвр - 0,001 мг/дм3 (лимитирующий показатель вредности - токсикологический).*

Цинеб (аспор, кипцин, лонакол, парцат)

Цинка N,N'-этилен-*бис*-дитиокарбамат, полимер.

Цинеб - фунгицид, представляющий собой практически нерастворимое в воде белое или слегка желтоватое кристаллическое вещество с неприятным запахом. Меры предосторожности при использовании цинеба - как с малотоксичными пестицидами.

Препарат используется путем опрыскивания в период вегетации для борьбы с болезнями плодовых и ягодных деревьев, кустарников, овощей, бахчевых и зерновых культур, а также как протравитель семян. При соблюдении установленных норм расхода препарат практически полностью разлагается микроорганизмами почвы с деструкцией молекулы до простейших веществ за 1 месяц.

Цинеб применяют также в различных смесях. **Купрозан** - смесь цинеба с комплексом гидроксида и хлорида меди (гидратом).

*ПДКв — 0,03 мг/дм3, ПДКвр — 0,0004 мг/дм3.*

Литература

1. Агрохимия. / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989.
2. Бейм А.М. Эколого-токсикологические критерии регламентирования метилсернистых соединений в сточных водах сульфат-целлюлозного производства. Вып. 8, – М., 1984.
3. Белоусова М.Я., Авгуль Г.В., Сафронова Н.С. и др. Основные свойства нормируемых в водах органических соединений. – М.: Наука, 1987.
4. Берне Ф., Кордонье Ж. Водочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки. Подготовка водных систем охлаждения. – М.: Химия, 1997.
5. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985.
6. Водный кодекс РФ. Принят Государственной Думой 18 октября 1995 г. – М.: “Ось–89”, 1995. – 80 с.
7. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Под ред. Б.А. Курляндского и др. – Л.: Химия, 1992.
8. Вредные вещества в промышленности: Органические вещества: Новые данные с 1974 по 1984 г. Справочник./ Под общей ред. Э.Н. Левиной и И.Д. Гадаскиной. – Л.: Химия, 1985.
9. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – СПб: Химия, 1994.
10. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I–IV групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1988.
11. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989.
12. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1990.
13. Гончарук Е.И. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами. – Киев, 1977.
14. ГОСТ 17.1.1.01–77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
15. ГОСТ 17.1.3.07–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков.
16. Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. – М.: Пищ. пром-ть, 1975.
17. Закон РФ “Об охране окружающей природной среды” № 2060–1 от 19 декабря 1991 г. (ред. от 2 июня 1993 г. № 5076–1).
18. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. – М.: Наука, 1993.
19. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
20. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.
21. Калинкина Н.М. Эколого-токсикологическая оценка опасности сульфатного лигнина для гидробионтов: автореф. канд. дисс. – С-Пб., 1993.
22. Калоянова-Симеонова Ф. Пестициды. Токсическое действие и профилактика. – М.: Медицина, 1980.
23. Комплексные оценки качества поверхностных вод./ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 139с.
24. Косов В.И. Иванов В.Н. Охрана и рациональное использование водных ресурсов. Ч.1 Охрана поверхностных вод: уч. пособие. – Твер. гос. техн. ун-т, 1995.
25. Лапенко Л.А., Виленский М.Г. Метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии в фоновом мониторинге тяжелых металлов.// Мониторинг фонового загрязнения природной среды./Под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского. Вып. 3. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – С.216–223.
26. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкотоксикантов. – М.: Химия, 1996.
27. Мельников Н.Н. и др. Пестициды и регуляторы роста растений. Справочник. – М: Химия, 1995.
28. Мельников Н.Н. Пестициды: химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987.
29. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
30. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987.
31. Нецинеску К. Общая химия. – М.: Мир, 1968.
32. Никаноров А.М. Гидрохимия: учеб. пособие – Л.: Гидрометеоиздат, 1989 .
33. Новиков Ю.И. Методы исследования качества воды водоемов. – М.: Медицина, 1990.
34. Охрана водоемов от химического загрязнения. – М.: ЦНИИСП, 1986.
35. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – 1998.
36. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.689–98.
37. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. – М.: Знание, 1980.
38. Реми Г. Курс неорганической химии. Т.2. – М.: Мир, 1966.
39. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений./ Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 239 с.
40. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши./ Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977.
41. Самонова О.А., Кулешова Н.А., Асеева Е.Н., Кудерина Т.М. Формы соединений тяжелых металлов в почвах Среднего Поволжья. – Казань, 1988.
42. СанПиН 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы.
43. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М., 1991.
44. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высшая школа, 1994.
45. Справочник по гидрохимии./ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
46. Стругацкий М.К., Надеинский Б.П. Общая химия. – М.: Высшая школа, 1965.
47. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч.3. Методы биологического анализа вод. – М.: Изд-во СЭВ, 1977.
48. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
49. Шамшурин А.А., Кример М.З. Физико-химические свойства пестицидов.
50. Шепетова Г.А. Гигиеническое значение и биологическое действие пропионовой кислоты и ее натриевой соли при загрязнении ими водоемов: автореф. канд. дисс. – Саратов, 1970.
51. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: Мир, 1993.
52. Юфит С.С. Яды вокруг нас. Курс лекций. Вып. 1–3. – М., 1997, 1998.
53. EPA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Ed., 1989.