

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Р.Ф. Зарубина, Ю.Г. Копылова, А.Г. Зарубин

АНАЛИЗ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

Часть 2. Методы оценки качества природных вод

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 556.11.012; 628.1.03
ББК 26.22
З-35

Зарубина Р.Ф.

- З-35 Анализ и улучшение качества природных вод. Часть 2. Методы оценки качества природных вод: учебное пособие / Р.Ф. Зарубина, Ю.Г. Копылова, А.Г. Зарубин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 151 с.

В пособии рассматриваются основы понятий и методов оценки качества природных вод. Приводятся различные методы оценки качества природных вод.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 280302 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» направления 280400 «Природообустройство».

УДК 556; 628
ББК 26.22

Рецензенты

Доктор химических наук, профессор ТГУ
В.И. Отмахов

Доктор геолого-минералогических наук, профессор ТГАСУ
Д.С. Покровский

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2011
© Зарубина Р.Ф., Копылова Ю.Г.,
Зарубин А.Г., 2011
© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2011

Основные символы и сокращения

$PDK_{\text{пит}}$ – предельно допустимая концентрация компонента в водах питьевого назначения

$PDK_{\text{р-х}}$ – предельно допустимая концентрация компонента в водах для рыборазведения

C_i – фактическая концентрация i – того компонента в воде

C_{ϕ} – фоновая концентрация i – того компонента в воде

K – кларк компонента

$K_{\text{р в}}$ – кларк компонента в речных водах

$K_{\text{м в}}$ – кларк компонента в морских водах

$K_{\text{ПДК}}$ – коэффициент концентрации по ПДК

$K_{\text{с}}$ – коэффициент концентрации по фону

$O. Ж.$ – общая жёсткость

$Ж$ – жёсткость

$П.ок.$ –перманганатная окисляемость

$БПК$ – биологическое потребление кислорода

$ХПК$ – химическое потребление кислорода

$ПАВ$ – поверхностно-активные вещества

pH – водородный показатель

$с.о.$ – сухой остаток

M – минерализация

ϖ – удельная электрическая проводимость

ВВЕДЕНИЕ

Качество вод – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность её для конкретного вида водопользования.

ГОСТ 27065-86

Жизненно важной проблемой современности является сохранение чистоты водных бассейнов, особенно, густонаселенных территорий, подверженных высокой техногенной нагрузке. Надвигающийся водный кризис связан, прежде всего, с непрерывным загрязнением вод и появлению в системе вода – порода – газ – органическое вещество еще одного участника-загрязнителя. Ущерб здоровью населения от потребления недоброкачественной питьевой воды соизмерим с потерями от стихийных бедствий, неблагоприятных экологических ситуаций, голода и других глобальных факторов. Чтобы сохранить основу жизни, необходимо бороться с загрязнением водной среды, обеспечить её природное равновесие и многообразие, приумножить ресурсы, защитить воду как уникальное вещество Земли.

На понимании воды как основы жизни базируется создание новой парадигмы сохранения гидросферы и развития гидросферного мышления [114]. Выявление источников химических элементов в водах при этом основывается на знании условий формирования вод и их химического состава. В.И. Вернадский в уникальном труде «История природных вод» первым в мировой науке, рассматривая воду как минерал, разработал уникальную классификацию природных вод, насчитывающую 19 царств, 423 подцарства, 143 семейства и 531 вид и обосновал эмпирическое положение об относительном постоянстве состава каждого минералогического типа воды в течение определенного исторического времени [История природных вод..., 2003]. Достижения Сибирской гидрогеохимической школы в развитии геологической эволюции системы вода-порода, представленные в шеститомнике «Основы гидрогеологии» [116, 117, 118], в монографиях «Гидрогеохимия зоны гипергенеза» [114] и «Геологическая эволюция системы вода-порода» показывают новые горизонты в развитии геохимической классификации вод на основе выделения геохимических типов вод по характеру их равновесия с вторичными минеральными новообразованиями, формируемыми в ходе геохимической эволюции системы вода-порода. Только на основе знания о механизмах поступления химических элементов в воды возможна разработка эффективных методов контроля качества вод и способов экологической оценки территорий, позволяющих определять уже начальную стадию загрязнения водной среды и на этой основе проводить

оценку экологического состояния окружающей среды по статистически обоснованным параметрам распределения химических элементов.

Между тем, широко распространенным общепринятым принципом контроля качества вод долгое время оставалось сравнение величин характеристик состава вод с их нормативными данными, в частности, с предельно-допустимыми концентрациями. Развитие геохимических исследований [18, 38] показало необходимость учета территориальных особенностей распространенности химических элементов и проведение контроля качества вод и оценки экологического состояния окружающей среды с учетом концентраций химических элементов в водах различных гидрогеохимических провинций на основе их коэффициентов концентраций (сравнение с фоновыми территориальными концентрациями изучаемых показателей качества). Известна и становится все популярнее роль химических элементов в обеспечении здоровья людей, введены понятия физиологической полноценности воды, воды приоритетного качества, пределов потребления биологически значимых химических элементов и другие [3, 54, 95].

В первой части учебного пособия авторов «Анализ и оценка качества природных вод» (2007) были рассмотрены методы анализа химических элементов в водах и принципы их обоснованного использования при выполнении эколого-геохимических исследований. Анализ современного состояния исследований в контроле качества вод показывает терминологическое разночтение в используемых коэффициентах контроля качества. Все это потребовало провести при подготовке второй части учебного пособия некоторую систематизацию и обобщение сведений о **критериях качества вод** (*показателей качества*) различного назначения и соответствующие им **нормам качества** (*соответствующие значения критериев*) вод, используемых в настоящее время приемах контроля качества вод (на основе сравнения норм качества воды для конкретного вида водопользования со значениями показателей качества) и оценки экологического состояния территорий **по качеству вод**.

Учебное пособие подготовлено по материалам специального курса, охватывающего методы анализа, оценки и улучшения качества природных вод, для студентов кафедры гидрогеологии инженерной геологии и гидрогеоэкологии Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета .

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Чистая вода, природная вода, состав природных вод

В своём труде [7] крупнейший учёный-мыслитель, основоположник целого ряда новых научных дисциплин, минералог и геохимик академик В.И. Вернадский писал: «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества, минерала, горной породы, живого тела, которое её бы не заключало. Всё земное вещество ... ею проникнуто и охвачено».

Чистая вода

[39, с. 13–18]

Английский физик Генри Кавендиш обнаружил, что воду образуют водород (H) и кислород (O). В 1785 г. французскими химиками Лавуазье и Мёнье было установлено, что *вода* состоит из двух весовых частей водорода и шестнадцати весовых частей кислорода.

Химически чистая вода обладает изотопическими разновидностями, аномальными физическими свойствами (высокая теплоёмкость, скрытая теплота испарения и плавления, температура замерзания и кипения, температурный коэффициент расширения, теплопроводность, зависимость диэлектрической проницаемости от давления). Необычайные свойства воды определяются поляризованным строением ее молекулы.

Высокая полярность молекулы является причиной активности воды при химических взаимодействиях, при растворении в ней солей, кислот и оснований, т. е. при образовании электролитов. Вода способна растворять многие вещества, создавая с ними однородные физико-химические системы переменного состава.

Природная вода

[7, с. 26–29]

Природная вода является **продуктом** динамического равновесия в природной системе, впервые предложенной В.И. Вернадским:

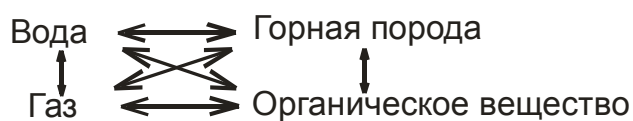


Рис. 1. Схема взаимодействия в системе вода – порода – органическое вещество – газ

Природные воды представляют собой собственно воду (химическое соединение кислорода и водорода) и содержащиеся в ней вещества, появившиеся в ней в результате природного динамического равновесия в системе вода – порода – органическое вещество – газ и обуславливающие её состав и свойства.

Состав природных вод [114]

Химический состав вод зависит от их гидрогеологической провинции и ландшафтной зоны. Состав подземных вод каждой провинции индивидуален и стабилен. Временные колебания состава подземных вод зоны гипергенеза происходят плавно и касаются всех компонентов без исключения, которые между собой находятся как бы в связке. Эти колебания не приводят к изменению геохимического типа воды.

Пространственные изменения состава подземных вод вдоль фильтрационного потока зависят от областей питания и разгрузки вод.

Независимо от ландшафтных особенностей территории состав вод изменяется по мере увеличения их минерализации.

В табл. 1 приведен средний химический состав природных вод зоны гипергенеза, речных и морских вод ([114, с. 177–201]).

Таблица 1

Средний химический состав природных вод

Компоненты	Размерность	Подземные воды зоны гипергенеза	Речные воды (Livingston 1963, Turekian 1969)	Речные воды (Martin, 1979, Meybeck 1979, 1982)	Морская вода (Turekian 1969)
1	2	3	4	5	6
pH	ед. pH	6,90	–	–	8,2
HCO ₃ ⁻	мг/л	187	58,4	52,0	488
SO ₄ ²⁻	"	76,7	11,2	8,25	2712
Cl ⁻	"	59,7	7,8	5,75	19400
NO ₃ ⁻	"	2,4	1,0	0,44	–
1	2	3	4	5	6
F ⁻	"	0,48	0,10	0,10	1,3
NO ₂ ⁻	"	0,19	–	0,03	–
Na ⁺	"	67,6	6,3	5,15	10800
Ca ²⁺	"	39,2	15	13,4	411
Mg ²⁺	"	18,2	4,1	3,35	1290

Продолжение табл. 1

Компоненты	Размерность	Подземные воды зоны гипергенеза	Речные во- ды (Livingston 1963, Turekian 1969)	Речные воды (Martin, 1979, Meybeck 1979, 1982)	Морская вода (Ture- kian 1969)
K ⁺	"	5,15	2,3	1,3	392
NH ₄ ⁺	"	0,59	–	0,02	–
SiO ₂	"	17,9	13,1	10,4	6,2
Сумма	"	469	120	100	35500
CO ₂ (св.)	"	26,6	–	–	–
C _{орг}	"	8,29	6,9	–	0,5
N _{орг}	"	0,98	0,7	–	0,5
Fe	мкг/л	481	670	40	3,4
Al	"	226	400	50	1,0
Sr	"	183	50	60	8100
Br	"	85,2	20	–	67300
B	"	77,9	10	–	4450
P	"	58,0	20	10	88
Mn	"	54,5	7,0	8,2	0,4
Zn	"	41,4	20	–	5,0
Ba	"	18,3	10	–	21
Ti	"	17,4	3,0	10,0	1,0
Li	"	13,0	3,0	–	170
J	"	8,02	7,0	–	64
Cu	"	5,58	7,0	–	0,9
Ni	"	3,58	0,3	–	6,6
Cr	"	3,03	1,0	–	0,2
Pb	"	2,97	3,0	–	0,03
Rb	"	1,86	1,0	–	120
Mo	"	1,75	1,0	–	10
As	"	1,46	2,0	–	2,6
V	"	1,34	0,9	–	1,9
1	2	3	4	5	6
U	"	1,31	0,04	–	3,3
Zr	"	1,20	–	–	0,026

Окончание табл. 1

Компоненты	Размерность	Подземные воды зоны гипергенеза	Речные воды (Livingston 1963, Turekian 1969)	Речные воды (Martin, 1979, Meybeck 1979, 1982)	Морская вода (Turekian 1969)
Se	"	0,72	0,2	—	0,09
Sb	"	0,68	1,0	—	0,33
La	"	0,67	0,2	—	0,0034
Nb	"	0,45	—	—	0,015
Ga	"	0,37	0,09	—	0,03
Co	"	0,39	0,2	—	0,39
Sn	"	0,39	0,5	—	0,81
Cs	"	0,26	0,002	—	0,3
Ag	"	0,26	0,3	—	0,28
Th	"	0,24	0,1	—	0,0004
Cd	"	0,24	—	—	0,11
Be	"	0,19	—	—	0,0006
Sc	"	0,07	0,004	—	<0,004
Hg	нг/л	41,1	70	—	150
Au	"	5,32	2,0	—	11,0
Ra	пг/л	0,46	0,35	—	0,1

Как следует из данных табл. 1, подземные воды в сравнении с речными водами содержат в более высоких концентрациях все макрокомпоненты и подавляющее большинство микрокомпонентов.

Многие химические элементы в подземных водах концентрируются более активно не только относительно речных, но и морских, хотя сумма солей в последних в 80 раз выше, чем в первых.

Одним из основных антропогенных факторов, оказывающих непосредственное влияние на химический и микробиологический состав природных вод, являются сточные воды. Хозяйственно-бытовые, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды могут содержать весь перечень природных и созданных человеком химических элементов и веществ. Поскольку полностью очистить сточные воды не представляется возможным, то все эти вещества оказываются в почве, воде, атмосфере. Сточные воды приводят также к тепловому загрязнению природных вод и уменьшению концентрации кислорода, что снижает окислительный потенциал воды.

Интенсивное развитие сельскохозяйственного производства способствует поступлению в водоемы нитратов, нитритов, пестицидов, фенолов, нефтепродуктов. Использование оросительного земледелия приводит к усилению засоленности почв. Свалки и захоронения твердых и жидких отходов, отвалы шлаков и пепла, хранилища минеральных удобрений, животноводческие комплексы, пыль и стоки автомобильных дорог, аэрозоли городов и т. д. – все это способствует изменению химического и микробиологического состава природных вод.

1.2. Понятия качества вод

В словаре русского языка С.И. Ожегов [77] даёт два определения *качеству*, приводит примеры использования этого термина и указывает на связь *качества* и *количества*.

«1. *Качество* – наличие существенных признаков, свойств, особенностей, отличающих один предмет или явление от других.

2. *Качество* – то или иное свойство, достоинство, степень пригодности кого-нибудь, чего-нибудь. Например, качество работы, качество изделий, отличное качество, повышение качества продукции, качественные различия, качественные изменения.

3. *Качество* и *количество*. Переход к новому качеству».

Современные учёные поднимают проблему понятия качества вод в применении к конкретному виду водопользования, предлагая методики оценки качества вод [54, 113].

В настоящее время международными организациями принято ниже приведенное понятие *качества вод*.

В России это понятие *качества вод* утверждено документом ГОСТ 27065-86.

Качество вод – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность её для конкретного вида водопользования.

При этом *объектами* водопользования могут являться поверхностные и подземные воды. Для каждого конкретного случая необходима вода разного качества. Один из важнейших вопросов, который интересует потребителя воды – каково качество потребляемой воды? Таким образом, водный объект характеризуется определенным природным составом и свойствами воды, а потребитель формирует свои требования к составу и свойствам потребляемой воды (рис. 2).

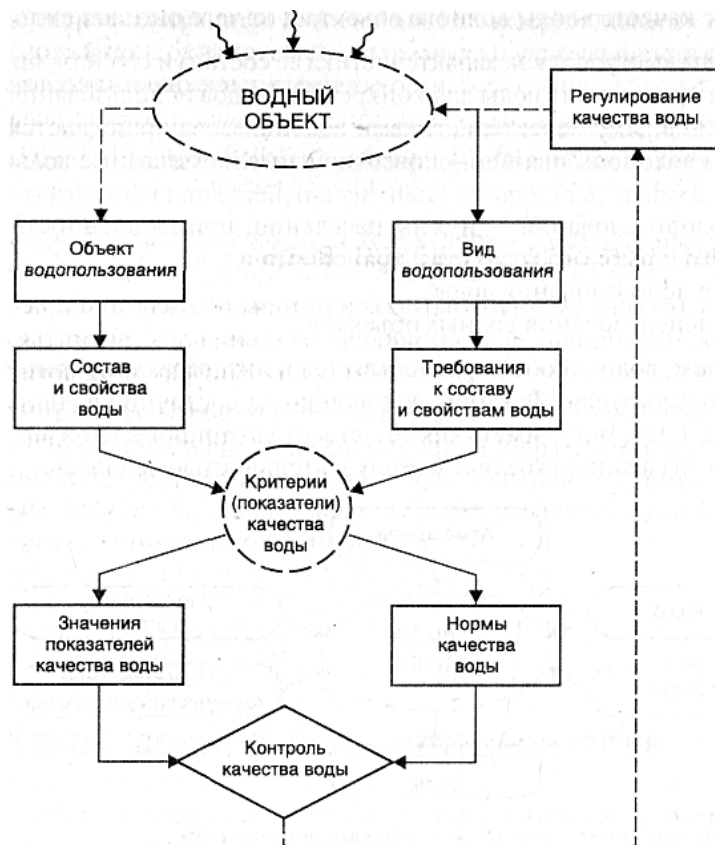


Рис. 2. Структура категории «качество воды» водного объекта
(Н.В. Миклашевский, С.В. Королькова, 2000 г.)[65]

Как видно по рис. 2, качество потребляемой воды определяется целью водопользования. В зависимости *от целей назначения воды* формируются **критерии качества вод** (показатели качества): гигиенический, экологический, экономический, рыбохозяйственный и устанавливаются соответствующие им **нормы качества** (соответствующие значения критериев). Сравнением норм качества воды для конкретного вида водопользования со значениями показателей качества имеющейся воды проводится контроль качества потребляемой воды.

Поскольку *природная вода* является *продуктом* динамического равновесия в системе вода – порода – газ – органическое вещество, и, кроме того, является *продуктом питания*, то к понятию «природная вода» применима вся терминология, используемая при оценке качества продукции. В справочном пособии [47], в которое включена стандартизованная и рекомендованная терминология в области сертификации, испытаний и управления качеством, установленная [48] государственными стандартами СССР, стандартами Совета Экономической Взаимопомощи (СТ СЭВ), международными стандартами (СТ ИСО), международной электротехнической комиссией (МЭК), приводятся ниже следующие понятия *качества*.

1.2.1. Термины и определения понятия «качества»

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением.

ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81

Качество вод – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность её для конкретного вида водопользования. Оценку качества вод проводят по результатам сокращённого или полного анализа. В сокращённый анализ входит определение части компонентов вод (рН, CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- , ОЖ, Ca^{2+} , Mg^{2+}). Полный анализ воды включает определение всех компонентов и показателей качества воды. *ГОСТ 27065-86*

Категория качества продукции – градация качества продукции определённого вида, устанавливаемая при государственной аттестации. *ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81*

Класс (сорт) – DRADE – показатель категории или разряда, относящийся к свойствам или характеристикам, учитывающим различные совокупности потребностей по продукции или услугам, предусмотренным для аналогичного функционального использования.

СТ ИСО 8402-86

Класс качества воды – уровень качества воды, установленный в интервале числовых значений свойств и состава воды, характеризующих её пригодность для конкретного вида водоиспользования. *ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85*

Уровень качества продукции – относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. *ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81*

Управление качеством продукции – действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня её качества. *ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81*

Биологическая индикация воды – оценка качества воды по наличию водных организмов, являющихся индикаторами её загрязнения.

ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85

Биологические испытания – BIOLOGICAL TEST – испытания на воздействие биологических факторов. ГОСТ 16504-81

Биологическое тестирование воды – оценка качества воды по ответным реакциям водных организмов, являющихся тест-объектами. ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85

Гигиенический критерий качества воды – критерий качества воды, учитывающий токсикологическую, эпидемиологическую и радиоактивную безопасность воды и наличие благоприятных свойств для здоровья живущих и последующих поколений людей. ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85

Дифференциальный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании единичных показателей её качества. ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81

Единичный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий одно из её свойств. ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81

Индекс качества воды – обобщённая числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования. ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85

Квалиметрия – область науки, предметом которой являются количественные методы оценки качества продукции. ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81

Комплексный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании комплексных показателей её качества. ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81

Комплексный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий несколько её свойств. ГОСТ 15467-79, СТ СЭВ 3519-81

Контроль – INSPEKTION – мероприятия, включающие проведение измерений, испытаний, проверки одной или нескольких характеристик изделия или услуги и их сравнение с установленными требованиями, с целью определения соответствия. СТ ИСО 8402-86

Контроль качества воды – проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям.

ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85

Контроль по качественному признаку – контроль качества продукции, в ходе которого каждую проверенную её единицу относят к определённой группе, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от соотношения чисел её единиц, оказавшихся в разных группах. *ГОСТ 15895-77, СТ СЭВ 547-77, СТ СЭВ 3404-81, 547-84*

Контроль по количественному признаку – INSPECTION BY VARIABLES – контроль качества продукции, в ходе которого определяют значения параметра, а последующее решение о контролируемой совокупности или процессе принимают в зависимости от сравнения их с контролируемым нормативом. *СТ СЭВ 547-84*

Контрольный норматив – значение показателя качества продукции, определённое нормативно-технической документацией и представляющее собой критерий для принятия решения по результатам контроля относительно соответствия продукции установленным требованиям. *ГОСТ 15895-77, СТ СЭВ 547-77, СТ СЭВ 3404-81*

Контрольный норматив – ACCEPTABILITY CONSTANT (K) – минимальное или максимальное значение, установленное в нормативно-технической документации и представляющее собой критерий для принятия решения по результатам выборочного контроля относительно соответствия продукции установленным требованиям. *СТ СЭВ 547-84*

Критерий качества воды – признак или комплекс признаков, по которым производится оценка качества воды.

ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85

Нормы качества воды – установленные значения показателей качества воды для конкретного вида водопользования.

ГОСТ 27065-86, СТ СЭВ 5184-85.

1.2.2. Критерии (показатели) качества вод

Показатели качества природной воды делятся на классы: органолептические, механические, физические, химические, микробиологические.

Сочетания и величины показателей состава и свойств вод определяют качество воды для различного её назначения.

Пример 1. Органолептические показатели питьевой воды должны быть благоприятны человеку.

Пример 2. Показатели качества вод для питьевого бутилирования, должны характеризовать её эстетические свойства, химический состав, радиационную безопасность, иметь микробиологические и паразитологические показатели, показатели физиологической полноценности и показатели консерванты.

Пример 3. Бактериологические показатели используются в геоэкологической и поисковой гидрогеологии.

Специфичны показатели состава и свойств качества вод для различных отраслей промышленности.

1.2.2.1. Органолептические показатели

В органолептические показатели качества воды входят в различном сочетании все классы компонентов воды (механические, физические, химические, микробиологические).

Органами зрения фиксируются органолептические показатели качества воды прозрачность, мутность, взвешенные вещества, цветность воды.

Прозрачность, мутность и взвешенные вещества характеризуют наличие в воде суспензированных частиц песка, глины, ила, планктона, водорослей, которые попадают в нее в результате эрозии берегов, с дождевыми и талыми водами, взмучивания осадка со дна и т. п. Размеры взвешенных веществ изменяются от размеров коллоидных частиц до размеров грубодисперсных частиц (табл. 2).

Таблица 2

Классификация диспергированных взвешенных примесей

Взвешенное вещество	Размер частиц, мм	Время осаждения на глубину 1 м
Коллоидные	$2 \cdot 10^{-4} \dots 10^{-6}$	4 месяца
Жидкая глина	$10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-4}$	0,5–2 месяца
Глина	$27 \cdot 10^{-4}$	2 суток
Мелкий ил	$10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-3}$	4–18 час
Ил	$5 \cdot 10^{-3} \dots 27 \cdot 10^{-2}$	10–30 минут
Мелкий песок	0,1	2,5 минут
Средний песок	0,5	26 секунд
Крупный песок	1	10 секунд

Пример. Мутность воды централизованного питьевого водоснабжения не должна превышать 1,5 мг/л.

Цветность воды, т. е. ее окраска, обусловлена присутствием в воде гумусовых и дубильных веществ, белково- и углеводоподобных соединений, жиров, органических кислот и других органических соединений, входящих в состав живых и растительных организмов, населяющих воду, и являющихся продуктами их жизнедеятельности или распада. Наряду с этим окраска воды может быть вызвана присутствием соединений железа, марганца, сточных вод некоторых производств или «цветением» водоемов. При массовом развитии в воде водорослей группы протококковых вода приобретает светло-зеленую окраску, группы диатомитовых водорослей – зеленовато-бурую окраску, группы пиридиниевых – темно-бурую окраску, группы сине-зеленых водорослей – изумрудно-зеленую окраску.

Цветность природных вод обычно обусловлена гумусовыми веществами. При этом нерастворимые гумусовые вещества почвы в природных водах находятся лишь во взвешенном состоянии, а в коллоидном и истинно растворенном состоянии присутствуют фульво- и гуминовые кислоты, преимущественно в виде солей щелочных и щелочноземельных металлов. Цветность воды измеряется в градусах платинокобальтовой шкалы.

Пример. Цветность воды питьевого централизованного водоснабжения не должна превышать 20 градусов цветности.

Органами *чувств* фиксируются органолептические показатели качества воды привкусы, запахи, температура, кислотные и щелочные свойства (рН) воды.

Привкусы и запахи природных вод могут быть естественного (присутствие железа, марганца, сероводорода, метана) или искусственного (сброс промышленных стоков) происхождения. По ГОСТ 3351-84 различают четыре основных вкуса воды – соленый, горький, сладкий, кислый. Многочисленные оттенки вкусовых ощущений, складываемые из основных, называются привкусами. Соленый вкус воды обычно обусловлен присутствием хлорида натрия; горький – сульфата магния; кислый вкус в большинстве случаев объясняется избытком растворенной углекислоты (минеральные воды); железистый привкус придают воде растворенные соли железа и марганца; щелочной – поташ, сода, щелочи; вязущий – сульфат кальция, перманганат калия. Запахи естественного происхождения – землистый, рыбный, гнилостный, сероводородный, ароматический, болотный, глинистый, тинистый и др.; искусственного происхождения: хлорный, камфорный, аптечный, фенольный, хлор – фенольный, запах нефтепродуктов. Возникновение в поверхностных водоемах запахов естественного происхождения часто объясняется массовым развитием водорослей: диатомовых, сине-зеленых, хризомонады и т. д. В процессе жизнедеятельности водоросли продуцируют в воду специфические ароматические органические вещества. После отмирания они осаждаются и гниют на дне, вызывая различные привку-

сы и запахи. Различные плесени и лучистые грибки (например, актиномицеты) также вызывают привкусы и запахи естественного происхождения.

Интенсивность и характер запахов и привкусов воды определяют органолептическим методом, т. е. с помощью органов чувств, по 5-балльной шкале или по «порогу разбавления» испытуемой воды дистиллированной водой. При этом устанавливают кратность разбавления, необходимую для исчезновения запаха или привкуса. Запах и вкус определяют непосредственным дегустированием при комнатной температуре, а также при 60 °С, что вызывает их усиление.

Пример. Привкус и запах, определяемые при 20 °С, для воды централизованного питьевого водоснабжения не должны превышать 2-х баллов.

Температура воды подземных источников характеризуется постоянством (8...12 °С), при этом с возрастанием глубины залегания вод сезонные колебания температуры уменьшаются. В отдельный класс подземных вод выделяются термальные источники.

Температура воды *поверхностных источников* существенно меняется по сезонам года (от 0,1 до 30 °С) и зависит от поступления в них подземных вод, а также сбросов использованной охлаждающей воды.

Пример. Оптимальная температура воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения 7–11 °С.

Водородный показатель (рН) воды количественно характеризует концентрацией водородных ионов. Природные воды по величине рН можно классифицировать как: сильно кислые $\text{pH} < 3$, кислые $\text{pH} 3,0\text{--}5,0$, слабокислые $\text{pH} 5,0\text{--}6,5$, нейтральные (нормальные) $\text{pH} 6,5\text{--}7,5$, слабощелочные $\text{pH} 7,5\text{--}8,5$, щелочные $8,5\text{--}10$, сильно щелочные $\text{pH} > 10$. РН природных вод обычно варьируется в пределах 6,5–8,5, что соответствует требованиям к питьевой воде.

Пример. РН воды питьевого централизованного водоснабжения должно находиться в интервале 6–9.

1.2.2.2. Химические показатели

Химические компоненты могут находиться в воде в различном состоянии (молекулярном, ионном, комплексном, коллоидном).

Химические компоненты воды разделяют на виды:

1) главные ионы, содержащиеся в наибольшем количестве (натрий Na^+ , калий K^+ , кальций Ca^{2+} , магний Mg^{2+} , сульфаты SO_4^{2-} , карбонаты CO_3^{2-} , хлориды Cl^- , гидрокарбонаты HCO_3^-);

2) биогенные элементы (соединения фосфора, азота, кремния);

3) микроэлементы (соединения всех остальных химических элементов);

4) органические вещества;

5) растворенные газы (азот N_2 , кислород O_2 , диоксид углерода CO_2 , метан CH_4 , сероводород H_2S и др.).

1.2.2.2.1. Главные ионы

Хлориды и сульфаты благодаря своей высокой растворимости присутствуют во всех природных водах обычно в виде натриевых, кальциевых и магниевых солей. При значительном содержании в воде хлориды и сульфаты являются причиной ее агрессивности по отношению к бетону. Воды, содержащие свыше 250 мг/л сульфат-ионов, оказывают разрушающее действие на бетонные конструкции вследствие образования гипса (результат реакции между сульфатами и известью цемента), что вызывает увеличение объема и образование трещин в бетоне. В свою очередь присутствие в воде значительных количеств хлор-иона приводит к выщелачиванию и разрушению бетонного камня вследствие образования с известью растворимых хлористого магния и кальция.

Наличие в воде значительных концентраций солей хлоридов и сульфатов служит препятствием для использования подобной воды для питания паровых котлов, для производства ряда полимеров, синтетического каучука, некоторых сортов бумаги и др. Присутствие в питьевой воде значительных количеств сульфата и хлорида натрия нарушает деятельность желудочно-кишечного тракта. Сульфаты и хлориды магния и кальция обуславливают некарбонатную жесткость воды. Сульфаты в количестве свыше 500 мг/л придают воде горький вкус.

Щелочность воды, мг-экв/л, определяется суммой содержащихся в воде гидроксильных ионов и анионов слабых кислот – угольной, органических, а также бикарбонатных и карбонатных ионов. Различают бикарбонатную, карбонатную и гидратную щелочность.

Щелочные металлы, мг/л, в природных водах обычно представлены ионами калия и натрия с преобладанием последнего.

Жесткость воды обусловлена, в основном, наличием в ней солей кальция и магния. Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды. Карбонатная жесткость обусловлена содержанием в воде карбонатных и бикарбонатных солей кальция и магния. Некарбонатная жесткость обусловлена кальциевыми и магниевыми солями серной, соляной, кремниевой и азотной кислот. Сумма карбонатной и некарбонатной жесткости определяет общую жесткость. Жесткость (J , ммоль/л) воды выражают числом – количеством миллимоль эквивалентов соли (n , ммоль экв), содержащихся в 1 л воды,

$$J = \frac{n}{V} = \frac{m}{\mathcal{E}_{\text{соли}} \cdot V}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{соли}}$ – молярная масса эквивалента соли.

Для общей жесткости в современной литературе используются размерность «ммоль/л» – сокращённое название от размерности «милли-моль эквивалентов соли/л», размерность «°Ж» – «градус жесткости».

Эти размерности равноценны общепринятой ранее размерности «мг-экв/л».

Общая жесткость (J) может быть выражена в *немецких, английских, французских, американских градусах*, которые больше размерности $J_{\text{росс.}}$, ммоль/л, градус, мг-экв/л в K раз.

$$(K_{\text{нем.}} = 2,8; K_{\text{англ.}} = 3,5; K_{\text{фран.}} = 5,0; K_{\text{амер.}} = 50,0).$$

Пример,

$$J_{\text{нем. град}} = 2,8 J_{\text{росс., градус}}; J_{\text{англ. град.}} = 3,5 J_{\text{росс., градус}};$$

$$J_{\text{фран. град.}} = 5,0 J_{\text{росс., градус}}; J_{\text{амер. град.}} = 50,0 J_{\text{росс., градус}}.$$

Жесткость природных вод, в определённых пределах, не является вредной для здоровья человека, а скорее наоборот, так как кальций способствует выводу из организма кадмия, отрицательно влияющего на сердечно-сосудистую систему. Однако повышенная жесткость делает воду непригодной для хозяйственно-бытовых нужд.

Пример 1. Для воды централизованного питьевого водоснабжения норма общей жесткости 7 мг-экв/л.

Пример 2. Жесткость воды ограничивается в питательной воде котлов, так как соли кальция и магния образуют накипь на стенках котлов, что приводит к снижению их коэффициента полезного действия, а иногда к авариям.

Пример 3. Жесткость воды лимитируется при использовании ее на предприятиях бумажной и текстильной промышленности, при производстве искусственного волокна, в добавочной воде оборотных систем.

Сухой (растворимый), общий (прокаленный) остаток – понятия, позволяющие судить о количестве солей и концентрации примесей, содержащихся в природных водах. Сухой (растворимый остаток) характеризует содержание минеральных солей и нелетучих органических соединений; общий (прокаленный) – содержание в испытуемой воде, в основном, неорганических примесей.

Пример 1. Для воды централизованного питьевого водоснабжения растворенный остаток не должен превышать 1 г/л. При употреблении человеком воды с повышенным содержанием солей наблюдается гиперминерализация организма, что вызывает различные заболевания.

Пример 2. Значение растворенного остатка лимитируется для воды, используемой при производстве кино- и фотопленки, капрона, капролактама, каучука, а также для питательной воды паровых котлов. Котлы высокого давления требуют воду, значение растворенного остатка которой близко к нулю.

1.2.2.2.2. Биогенные элементы

Соединения фосфора встречаются в природных водах в виде суспензированных частиц минерального и органического происхождения, в виде ионов ортофосфорной кислоты или сложного органического комплекса. В природных водах соединения фосфора присутствуют в малых количествах, но оказывают существенное влияние на водную растительность.

Пример. В воде централизованного питьевого водоснабжения содержание PO_4^{3-} не должно превышать 3,5 мг/л.

Соединения кремния встречаются в природных водах в форме органических и минеральных соединений. Содержание кремния в воде *поверхностных* источников водоснабжения невелико и изменяется от десятых долей до нескольких мг/л. В *подземных* водах – оно достигает десятков мг/л.

Пример 1. Содержание силикатов (по Si) в питьевой воде централизованного водоснабжения не должно превышать 10 мг/л

Пример 2. В питательной воде котлов высокого давления оно недопустимо из-за возможности образования плотной силикатной накипи.

Азотсодержащие вещества (ионы аммония, нитратные и нитритные) образуются в воде в результате восстановления нитритов и нитратов железом (II), сероводородом, гумусовыми веществами и т. п. либо разложения белковых соединений, вносимых в водоем со сточными водами. В последнем случае вода опасна в санитарном отношении. В *артезианских* водах содержание нитратов достигает десятых долей мг/л, а в *поверхностных* водах содержание нитратов – до тысячных долей мг/л.

Пример. В воде централизованного питьевого водоснабжения содержание нитратов не должно превышать 45 мг/л. Наличие в питьевой воде более 45 мг/л нитратов приводит к нарушению окислительной функции крови, известной под названием метгемоглобинемии, способствует образованию злокачественных опухолей.

1.2.2.2.3. Микроэлементы

Железо и марганец присутствуют в природных водах в формах, зависящих от величины pH, окисляемости и содержания кислорода. Так, железо может находиться в форме двух- и трехвалентных ионов, органических и неорганических коллоидов, комплексных соединений, в форме тонкодисперсной взвеси, сульфида железа, гидроксида железа (II). В *подземных* водах при отсутствии кислорода железо и марганец встречаются обычно в форме двухвалентных солей. В *поверхностных* водах железо и марганец встречаются в виде органических комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсных взвесей. Обычно содержание железа и

марганца в природных водах не превышает нескольких десятков мг/л, а в шахтных водах достигает нескольких сотен мг/л и более.

Пример 1. Содержание железа в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л, а марганца – 0,1 мг/л. Длительное употребление человеком воды с повышенным содержанием железа может привести к заболеванию печени (гемосидерин), увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма. Такая вода неприятна на вкус, причиняет неудобства в быту, избыток марганца вызывает окраску и вяжущий привкус, заболевание костной системы.

Пример 2. Присутствие в воде железа и марганца может способствовать развитию в трубах и теплообменных аппаратах железистых и марганцевых бактерий, продукты жизнедеятельности, которых вызывают уменьшение сечения, а иногда их полную закупорку.

Пример 3. Содержание железа и марганца строго ограничено в воде, используемой при производстве пластмасс, кино- и фотопленки и бумаги, в текстильной, пищевой промышленности и т. п.

Токсические вещества – мышьяк, стронций, бериллий и т. д., а также радиоактивные вещества – **уран, радий** обычно попадают в водоемы со сбросом сточных вод.

Стронций в концентрации свыше 7 мг/л вызывает урвскую болезнь, рахит, ломкость костей.

Кадмий в питьевой воде при содержании свыше 0,001 мг/л вызывает болезнь «Итай-итай».

При избытке **ртути в питьевой воде (свыше 0,0005 мг/л)** возникает болезнь Минамата.

Цинк в концентрациях свыше 5,0 мг/л угнетает окислительные процессы в организме, вызывает анемию.

Медь в питьевой воде в концентрации свыше 1 мг/л вызывает заболевание печени, гепатит и анемию.

Молибден при содержании в питьевой воде свыше 0,25 мг/л вызывает подагру и молибденовую болезнь.

Бор (суммарно) и бром-ион являются важными биологическими микроэлементами. Содержание их в питьевой воде не должно превышать, соответственно, 0,5 и 0,2 мг/л. В *подземных* водах их концентрации достигают 8–12 мг/л. Бор в питьевой воде в концентрации выше ПДК негативно воздействует на организм человека, ухудшая обмен веществ, и вызывая заболевание печени и желудочно-кишечного тракта. Повышенное содержание брома в питьевой воде влияет на изменение скорости проведения импульса по нервным волокнам, отрицательно сказывается на функции печени и почек, обуславливает снижение калия в крови и увеличивает содержание азота в моче.

Фтор-ион в природных водах содержится до 20 мг/л (артезианские воды) и более. Однако подавляющее большинство источников централизованного водоснабжения в нашей стране характеризуется содержанием фтор-иона до 0,5 мг/л. Фтор является активным в биологическом отношении микроэлементом, содержание которого в питьевой воде во избежание кариеса или флюороза должно быть в пределах 0,7–1,5 мг/л.

Йод в природных водах находится в ничтожно малых количествах. Он является очень важным биологическим микроэлементом.

1.2.2.2.4. Органические вещества

Окисляемость воды обуславливается присутствием органических и некоторых легкоокисляющихся неорганических примесей, таких, как железо (II), сульфиты, сероводород и др., (т. е. количество кислорода в мг/л, эквивалентное расходу окислителя, необходимого для окисления примесей в данном объеме) [4; 5]. В зависимости от применяемого окислителя различают окисляемость перманганатную и бихроматную.

Артезианские воды характеризуются низкой окисляемостью (около 2 мг O_2 /л), а окисляемость *грунтовых* вод зависит от глубины их залегания.

Воды *озер* в среднем имеют окисляемость около 5–8 мг O_2 /л, воды рек характеризуются окисляемостью до 60 мг O_2 /л и более, а окисляемость *болотных вод* достигает 400 мг O_2 /л.

Пример 1. Для питьевой воды норматив перманганатной окисляемости составляет 5 мг O_2 /л.

Пример 2. Величина окисляемости ограничивается
для питательной воды котлов из-за вспенивания воды;
для охлаждающей воды из-за биообрастания труб и аппаратуры;
для воды, используемой при изготовлении синтетических волокон и некоторых пластмасс.

Повышенное значение отношения цветности к окисляемости указывает на преобладание в воде устойчивых гумусовых веществ болотного происхождения, а пониженное – гумусовых веществ планктонного происхождения. Промежуточное значение этого отношения указывает на преобладание почвенного гумуса. Характерно, что окисляемость воды после коагулирования, отстаивания и фильтрования снижается меньше, чем цветность.

1.2.2.2.5. Растворенные в воде газы

В природных водах присутствуют также растворенные газы. В основном это газы, которые диффундируют в воды из атмосферы воздуха, такие как кислород, углекислый газ, азот. Но в то же время в подземных водах или водах нецентрализованных источников водоснабжения, в

минеральных и термальных водах могут присутствовать сероводород, радиоактивный газ радон, а также инертные и другие газы.

Кислород, углекислота, сероводород, метан, азот имеют значение для оценки качества воды. Так, углекислота, сероводород, кислород придают воде при определенных условиях коррозионные свойства по отношению к металлам и бетонам.

Углекислота содержится во всех природных водах от нескольких мг/л (поверхностные воды) до сотен мг/л (подземные воды). В зависимости от pH воды углекислота присутствует в ней в виде *свободной углекислоты*, представляющей собой растворенный в воде газ CO_2 , *полу-связанной углекислоты*, т. е. в виде *бикарбонатов-ионов* HCO_3^- , и *связанной углекислоты*, т. е. в виде *карбонат-ионов* CO_3^{2-} . Разница между свободной и равновесной углекислотой называется *агрессивной углекислотой*, которая растворяет карбонат кальция, разрушающе воздействует на бетон, катализирует ход электрохимической коррозии металла. Как правило, в *поверхностных* водах присутствие агрессивной углекислоты исключено. Напротив, в *подземных* водах оно бывает значительным.

Сероводород в природных водах встречается органического (продукт распада органических соединений) и неорганического (растворение минеральных солей – серного колчедана, гипса и др.) происхождения. Сероводород в *поверхностных* водах присутствует в придонных слоях в незначительных количествах. В *подземных* водах его содержание составляет до нескольких десятков мг/л. Наличие сероводорода в воде придает ей неприятный запах, способствует коррозии металла и может вызвать зарастание трубопроводов в результате интенсивного развития серобактерий.

Кислород попадает в воду при ее контакте с воздухом. В *артезианских* водах кислород отсутствует, а в *поверхностных* его концентрации довольно велики. В поверхностных водах содержание кислорода меньше теоретического за счет «вдыхания» различных организмов, брожения, гниения органических остатков и т. п. Резкое снижение содержания кислорода в воде указывает на ее загрязнение. Пример. Растворенный в воде кислород интенсифицирует коррозию металла, поэтому в питательной воде теплоэнергетических установок наличие кислорода строго ограничено.

Азот в природные воды поступает из воздуха, при разложении органических остатков, а также в восстановлении соединений азота денитрифицирующими бактериями.

Метан присутствует в природных водах, используемых для водоснабжения, как правило, в незначительных количествах. Однако в *болотных* водах, где в больших объемах протекают процессы разложения клетчатки растительных остатков, содержание метана доходит до 30 мг/л и более.

1.2.2.3. Биологические показатели

1.2.2.3.1. Гидробионты и гидрофлора

Гидробионты, населяющие природные воды, в процессе жизнедеятельности влияют не только на состав окружающей водной среды, но и на качество воды. Они подразделяются на виды:

- планктон – обитатели, пребывающие в толще воды от дна до поверхности; среди них различают плавающие, пассивно парящие и полуподводные (плейтон) организмы; взвешенные в воде остатки их органического и неорганического происхождения называют детритом;
- бентос – обитатели, находящиеся на дне водоема; среди них встречаются подвижно или неподвижно прикрепленные, свободно лежащие и ползающие по дну, сверлящие дно, закапывающиеся организмы;
- нейстон – организмы, населяющие поверхностную пленку воды и адаптировавшиеся к жизни в специфических условиях ее поверхностного натяжения;
- пагон – организмы (моллюски, ракообразные, коловратки и т. д.), пребывающие зимой в толще льда в состоянии анабиоза, оживающие весной и находящиеся среди бентоса или планктона.

На процессы формирования и самоочищения воды значительное влияние оказывает гидрофация, так как многие ее представители (зоопланктон и зообентос) используют растворенные органические вещества, некоторые животные-фильтраторы употребляют для питания бактерии, водоросли и т. п.

Гидрофлора водоемов определяется макро- и микрофитами. К первым относится высшая водная растительность, а ко вторым – водоросли (фитопланктон и фитобентос). При отмирании и разложении макрофитов вода обогащается органическими веществами, а появляющиеся пахнущие вещества ухудшают органолептические показатели качества воды. Микрофиты, подразделяемые на зеленые, сине-зеленые, эвгленовые, диатомовые и другие, не только поглощают углекислоту, кислород (а сине-зеленые – азот, включая аммиак), но и продуцируют кислород. Массовое развитие микрофитов в отдельные периоды цветения воды значительно осложняет технологию улучшения ее качества, особенно для питьевых целей, так как возникает необходимость в дезодорации и микрофильтрации воды.

Патогенные кишечные простейшие: лямблии, балантидии, дизентерийные амёбы, криптоспоридии определяют (при их отсутствии) безопасность питьевой воды в паразитарном отношении.

1.2.2.3.2. Бактерии и вирусы

Бактерии и вирусы, принадлежат к патогенным бактериям и вирусам, т. е. которые живут на живом субстрате и развиваются в воде. Бактерии и вирусы могут вызвать ряд заболеваний организма: брюшной тиф, дизентерию, инфекционный гепатит, острый гастроэнтерит, холеру, полиомиелит, туляремию, туберкулез, диарею.

Вирусы – мельчайшие живые существа, размерами 16–30 мкм, видимые только под электронным микроскопом. В отличие от бактерий они не имеют клетчатой структуры, а состоят из нуклеиновой кислоты, покрытой белковой оболочкой. Они имеют шаро- и кубообразную форму, а также форму прямых и изогнутых палочек. Вирусы являются внутриклеточными паразитами. Среди них встречаются бактериофаги, паразитирующие в клетках бактерий и вызывающие их разрушение и гибель.

В связи с тем, что при биологическом анализе воды определение патогенных бактерий затруднено, бактериологические определения сводятся к определению общего числа бактерий в 1 мл воды, растущих при 37 °С, и кишечной палочки – бактерии коли. Наличие последней имеет индикаторные функции, т. е. свидетельствует о загрязнении воды выделениями людей и животных и т. п. *Минимальный объем* испытуемой воды, мл, приходящейся на одну кишечную палочку, называется **коли-титром**, а *количество кишечных палочек в 1 л воды* – **коли-индексом**.

Пример. Для питьевой воды допускается коли-индекс до 3, коли-титр – не менее 300, а общее число бактерий в 1 мл – до 100.

1.2.2.3.3. Геологическая микрофлора

Существует комплекс микробиологических показателей, связанных с геохимическими циклами биогенных веществ: углерода, азота, фосфора и серы, осуществляющими в аэробных и анаэробных условиях деструкцию минеральных и органических веществ.

Олиготрофные микроорганизмы – микроорганизмы способные расти на средах с содержанием органического вещества не более 1 С_{орг}/л. Они представляют самый низкий уровень трофической цепи гетеротрофных микроорганизмов и адаптированы к минимально низкой концентрации органического углерода (олигокарбофилы) и азотистых веществ (олигонитрофилы). Их считают аборигенной микрофлорой подземных вод (Горленко, Дубинина, Кузнецов, 1977; Громов, Павлюченко, 198; Романенко, 1973, 1979; Никитин, Никитина, 1978; Лаптева, 1981; Килина, 1999). Эти микроорганизмы, обладая азотфиксирующей способностью, могут способствовать обогащению водной среды органическими и минеральными азотистыми соединениями и влиять, таким

образом, на химический состав воды. В том случае, когда вода загрязнена органическим веществом, и оно постоянно поступает, количество олиготрофов снижается, а в бактериоценозе начинают преобладать сапрофитовые бактерии. Соотношение количества олиготрофов к количеству сапрофитов определяет величину «коэффициента олиготрофности». В чистой воде, не загрязнённой органическим веществом, коэффициент олиготрофности больше единицы, а в загрязнённой органическим веществом воде его величина меньше единицы. Таким образом, по величине коэффициента олиготрофности можно предполагать наличие органического загрязнения воды.

Гетеротрофные микроорганизмы. Биогеохимическая деятельность этих микроорганизмов связана с процессами самоочищения природных сред от различного рода органических веществ, прежде всего. Двуокиси углерода, что может значительно менять газовый состав воды (Заварзин, 1979; Шварцев, 1998). В качестве промежуточных продуктов образуются органические кислоты – хелатезаторы, которые способствуют переходу в раствор металлов: меди, мышьяка, золота марганца и других элементов.

Денитрифицирующие микроорганизмы. Биогеохимическая деятельность этих факультативных анаэробных бактерий связана с разложением ими органических веществ, сопровождающимся последовательной редукцией нитратов, являющихся для них источником кислорода, до нитритов, аммиака и газообразного азота. Кроме того, при наличии в среде обитания нефти эти бактерии способствуют её разложению, используя в качестве источника как углеродного, так и азотного питания (Ротмистров, Гвоздяк, Ставская, 1975).

Нефтеокисляющие бактерии являются деструкторами нефти и её дериватов. Участвуя в процессах самоочищения, они могут служить также индикаторами загрязнения вод нефтепродуктами.

Аммонифицирующие бактерии. Эти бактерии, участвуя в деструкции водорастворённой белоксодержащей органики, являются источниками аммиака в воде. В качестве источника углерода, энергии и азота они используют простые белки-пептоны. Распад пептонов сопровождается образованием аминокислот. Последние, подвергаясь дальнейшему дезамминированию, превращаются в аммиак и органические кислоты. В аэробных условиях органические кислоты могут подвергаться полному окислению, и в конечном итоге превратиться в углекислый газ и воду (Родина, 1965).

Уробактерии также могут способствовать накоплению аммиака в воде в процессе своей жизнедеятельности. Уробактерии окисляют часто встречающееся в природе соединение мочевины, которая под действием фермента уреазы превращается в аммиак и углекислый газ:



Этот процесс может происходить как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Типичными местами обитания этих бактерий являются канализационные сети, выгребные ямы, загрязнённые мочевиной почвы.

Сульфатредуцирующие бактерии. Эти микроорганизмы являются облигатными анаэробными и используют в качестве источника кислорода сульфаты, выделяя при этом в окружающую среду сероводород. В качестве источников органического питания гетеротрофные сульфатредуцирующие бактерии используют широкий спектр веществ: органические кислоты, аминокислоты, спирты, продукты распада целлюлозы, жиры и молекулярный кислород. По данным ряда учёных (Ротмистров, Гвоздяк, Ставская, 1975; Тютюнова, 1987) сульфатредуцирующие бактерии разрушали неионогенные ПАВ: оксиэтилированные жирные спирты и алкилфенолы.

Нитрифицирующие бактерии. С одной стороны, окисляя аммиак, эти бактерии участвуют в процессах самоочищения. В то же время окисление ими аммиака может приводить к загрязнению воды нитратами и нитритами. Для активного размножения нитрифицирующих бактерий, как известно, кроме аммиака необходим и углекислый газ. Причём эти компоненты усваиваются данными бактериями не только из воды, но и из атмосферы (Рубан, 1956).

Целлюлозоразрушающие бактерии обладают способностью в аэробных и анаэробных условиях разлагать сложный высокомолекулярный полисахарид клетчатку до углекислого газа, воды и небольшого количества органических кислот при аэробном разложении, и большего количества этих продуктов, а также спиртов при анаэробном процессе. Как известно, синтез клетчатки превосходит синтез всех прочих природных соединений. Большая часть клетчатки поступает в природные среды с промышленными и сельскохозяйственными отходами (Тютюнова, 1987). Из-за столь высокого содержания клетчатки в природе разрушающие её микроорганизмы играют очень важную роль в процессе минерализации и в круговороте углерода. Биогеохимическое значение целлюлозоразрушающих бактерий обусловлено влиянием конечных продуктов деструкции целлюлозы (углекислого газа и органических кислот) не только на химический состав воды, но и на состав бактериоценозов. Органические кислоты, образующиеся в процессе деструкции целлюлозы, являются, как известно, источником углеродного питания для денитрифицирующих, сульфатредуцирующих и метанобразующих микроорганизмов и могут способствовать их размножению, если в воде присутствуют сульфаты, нитраты и углекислый газ (Крамаренко, 1983).

Тионовые бактерии являются единой в морфологическом и биохимическом отношении группой микроорганизмов. Они используют энергию окисления восстановленных соединений серы в серную кислоту для ассимиляции углерода в процессе конструктивного метаболизма. Тионовые бактерии вида *Thiobacillus thioparus* является автотрофным, использует в качестве источника углерода углекислый газ. Микроорганизмы *Thiobacillus ferroxidans* являются представителями кислотоустойчивых форм тионовых бактерий. Микроорганизмы *Thiobacillus ferroxidans* способны переводить закисное железо в окисное железо в кислой среде.

Мезофильные сапрофиты – бактерии данной физиологической группы являются показателями загрязнения воды фекальной микрофлорой. Количественное содержание их используют при санитарно-гигиенической оценке качества питьевой воды (показатель микробного числа). По существующим санитарным нормам, их количество в питьевой воде не должно превышать 100 клеток в 1 мл воды.

1.2.2.3.4. Загрязнители воды

[77, С. 125; 88, С. 90]

В «Словаре русских слов» Ожегова [77] одно из определений слова «грязный» – нечистый. Т. е. «грязный» – понятие относительное, относительно чего-то чистого, например, относительно чистой воды.

Загрязнителями воды могут являться любые показатели её состава и свойств (органолептические, механические, физические, химические, микробиологические).

О загрязнителях воды можно говорить относительно чистой воды, относительно их фонового содержания в воде, относительно среднего природного фона, относительно их нормативного содержания в воде.

Например, *загрязнитель воды относительно среднего природного фона* – это любой природный или антропогенный показатель состава или свойства воды, возникающий в природной воде или попадающий в неё в количествах *сверх среднего природного фона*.

Понятие загрязнителя воды широко используется современными учёными при оценке состояния подземных вод [6] и поверхностных вод [119]. Например, А.П.Белоусова отмечает [6]: «загрязнение оценивалось только по радионуклидам и макрокомпонентам (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^-), в дальнейшем необходимо расширить перечень загрязняющих веществ, (тяжёлые металлы, нефтепродукты, нитраты и др.) и привлечь другие регионы, где эти загрязнения имеют широкое распространение».

Загрязнители воды делят по их качеству и по их количеству. **Качественную классификацию загрязнителей** проводят по 6-ти признакам: по источникам возникновения, по продолжительности времени воздействия, по масштабу распространения, по средам нахождения, по силе и по характеру действия на окружающую среду.

1. По *источникам* возникновения загрязнители разделяют на *природные* или *естественные* и *антропогенные*.

Источниками *природных* или *естественных* загрязнителей являются:

- стихийные бедствия (штормы, цунами, пыльные бури, лесные пожары);
- естественные геологические процессы (выветривание, вулканизм);
- естественные биологические процессы (разложение живых организмов, деятельность бактерий).

Природные загрязнители не опасны, т.к. многие из них защищают живые организмы от солнечного излучения путём преломления прямых ультрафиолетовых лучей. Кроме того, в природе выработаны механизмы самоочищения, например, воды рек очищаются за 10 дней, озера – за 1 год, океана – за 10 лет.

Источниками *антропогенных* загрязнителей является деятельность человека, например сельскохозяйственные, промышленные, коммунальные сбросы в водоёмы, в атмосферу на поверхность или внутрь Земли. Эти загрязнения очень опасны, т.к. происходят за малый геологический отрезок времени и естественные механизмы самоочищения не срабатывают.

2. По *продолжительности начала времени* воздействия загрязнители делят на *долговременные*, например, тяжёлые металлы способны к накоплению; радионуклиды с большим периодом полураспада; CO_2 ; *кратковременные*, например, кислотообразующие оксиды SO_2 , SO_3 , NO , NO_2 .

3. По *масштабу действия* загрязнители подразделяют на *глобальные*, *региональные*, *локальные*, *точечные*.

4. По *средам нахождения* загрязнители разделяют:

- на *атмосферные* загрязнители, например кислотные осадки, смог, аэрозольный эффект;
- *гидросферные*, например, загрязнители, вызывающие заиливание или эвтрофикацию водоёма, загрязнение водоёма ионами тяжёлых металлов, нефтяными пятнами;
- *литосферные*, например, загрязнители, вызывающие засоление, закисление и выщелачивание почв;
- *биосферные*, например, токсичные загрязнители;
- *техносферные*, например, загрязнители воды, вызывающие коррозию труб.

5. По силе действия загрязнители делят на *фоновые загрязнители* и *импактные загрязнители* (англ. impact – толчок, удар).

6. По характеру действия загрязнителей различают *физическое загрязнение*, например, электромагнитное, радиоактивное, световое, тепловое, шумовое;

химическое загрязнение, например, нефтяное, тяжёлыми металлами, кислотообразующими оксидами, солевое;

биологическое загрязнение, например, микробное, бактериологическое, паразитическими грибами, пылью растений;

механическое загрязнение, например, смог, мусор;

информационное загрязнение или «сбивание с толку», например, сброс тёплой воды может вызвать преждевременный нерест рыбы.

Загрязнитель – любой природный или антропогенный агент (механический, физический, химический, биохимический и т. д.), попадающий в окружающую среду или возникающий в ней в количествах сверх рамок обычного наличия (предельных природных колебаний содержания или среднего природного фона), т. е. выводящий систему из равновесия. Для загрязнителей нет временных или пространственных границ. Они не всегда проявляются сразу и носят скрытый характер.

Загрязнение – внесение в среду или возникновение в ней любых загрязнителей.

Загрязнение воды» различными людьми понимается по-разному. Для одних это означает присутствие в воде опасных или ядовитых химических продуктов; для других – присутствие болезнетворных микробов. Ещё кому-то загрязнением представляются плавающие в воде водоросли и другие, укоренённые на дне растения. Однако для многих специалистов уровень загрязнения воды определяется присутствием отходов. Источниками таких отходов могут быть фабрики и заводы, сельское хозяйство или города. В состав этих отходов входят главным образом углерод, водород, кислород и азот. Окисление указанных элементов обуславливает многие неблагоприятные ситуации, создающиеся в загрязнённых реках и озёрах.

Выделяют два основных источника загрязнений ([39, С. 26–29; 88, С. 118–119]). Первый источник загрязнения – это города, сточные воды которых обычно попадают в природные водоёмы через канализационную трубу (или трубы); такие источники загрязнения называют **стационарными** или **точечными**. Возникают стационарные источники следующим образом: бытовые и промышленные сточные воды посредством канализационной системы направляются для обработки на очистные станции. После обработки очищенные стоки сбрасывают в любой пригодный водоём. **Стационарными** такие источники загрязнения на-

зывают потому, что известно их точное местоположение. Стационарными источниками загрязнения можно считать и откормочные хозяйства, сбрасывающие в водоёмы концентрированные отходы.

Существуют источники загрязнения, которые характерны для сельской местности; в этом случае сточные воды поступают в природные водоёмы с обширных поверхностей суши. Попадая сначала в многочисленные ручьи и речушки, загрязнения достигают более крупных рек и озёр во множестве точек. Таким источником может быть берег реки или озера; его называют **линейным** или **неточечным источником загрязнения**.

Следует различать понятия «**очистка воды**» и «**борьба с загрязнением**». Соотношение процессов очистки воды и борьбы с её загрязнением иллюстрируется на (рис. 3).

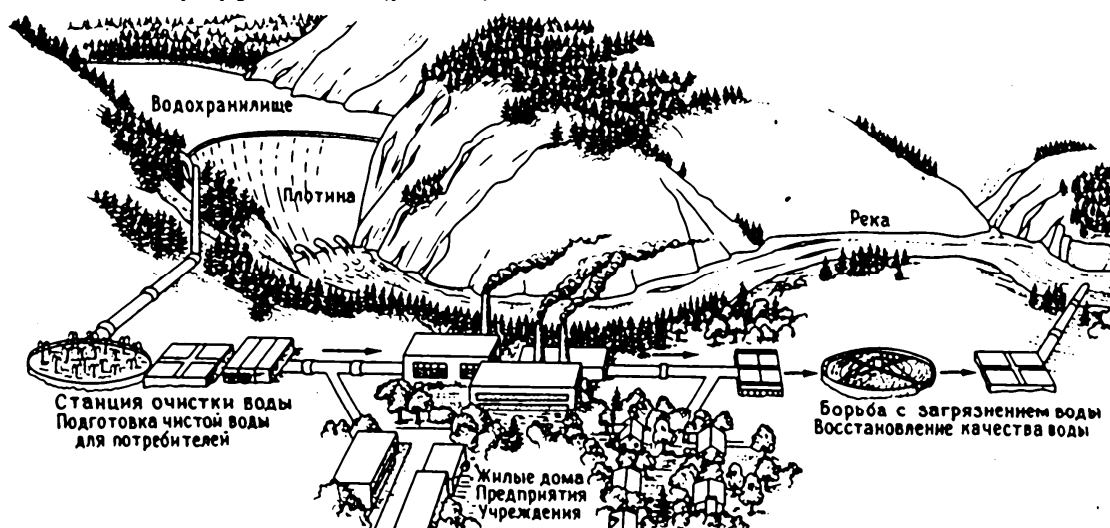


Рис. 3. Очистка природных вод и борьба с загрязнением воды

Очистка воды осуществляется до её использования в быту или на производстве. Борьба с загрязнением воды производится после использования воды в общественных целях. Борьба с загрязнением воды направлена на восстановление качества воды, которое утрачено ею при использовании потребителями. Иными словами, очистка воды подготавливает воду для пользования; борьба с загрязнением предполагает её очистку после использования.

Борьба с загрязнением воды насчитывает множество способов. Однако выбор подходящего способа определяется в основном источником и типом загрязнения. Методы борьбы с загрязнением от стационарных и линейных источников существенно различаются. Для загрязнений, поступающих из стационарных источников, обычно применяются системы технической фиксации, сводящиеся к химическим и биологическим процессам, посредством которых загрязнения удаляются из потока

очищаемой воды. Методы борьбы с загрязнениями от линейных источников не так просты, поскольку они далеко не обязательно сводятся к чисто технологическим операциям. Приходится изменять условия землепользования и способы обработки почвы. Приходится также изменять процессы добычи полезных ископаемых, практику выращивания товарного леса и его рубки.

1.2.2.5. Нормирование показателей качества воды [67]

Оценка качества воды для различного назначения осуществляется с установлением **количественных величин** – нормирования показателей состава и свойств воды для различного водопользования.

Количественную оценку критериев качества воды используют не только при оценке состояния воды для различных целей водопользования, но и при проведении эколого-гидрогеологических исследований и многоцелевого геохимического картирования территорий на основе нормирования показателей, поддержания и обеспечение экологически и гигиенически допустимого уровня в природной среде.

В соответствии с действующим природоохранительным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей 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.

Определённая таким образом цель подразумевает наложение *границных условий (нормативов)* как на источники и факторы воздействия, обусловленные хозяйственной деятельностью, так и на характеристики среды и отклика экосистем. Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора. Они поэтапно совершенствуются по мере развития науки и техники с учётом международных стандартов.

Различают 3 вида нормирования: санитарно-гигиеническое, экологическое, научно-техническое.

1. Исторически 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**, которое охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, но:

а) редко отражает *комбинированное действие* (одновременное или последовательное действие нескольких веществ *при одном и том же пути поступления*),

б) не учитывает эффектов *комплексного действия* (поступления вредных веществ в организм *различными путями и с различными средами* – с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы),

в) и не учитывает *сочетательного воздействия* всего многообразия физических, химических и биологических факторов окружающей среды.

В основе *санитарного* нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации (*ПДК*). *ПДК* – предельно допустимая концентрация, которая не оказывает на человека прямого или опосредованного воздействия, не снижает его работоспособности и не оказывает существенного отрицательного влияния на растения и животных.

Первые *ПДК* утверждены в 1949 г и до 1960 г оставались единственными. Сейчас установлены *ПДК* для различных видов потребления воды, например, для воды питьевой, для воды рыбного хозяйства. В нашей стране *ПДК* разрабатывает НИИ общей коммунальной гигиены АМН России.

Пример 1. *Предельно допустимая концентрация в воде водоёма хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ($ПДК_n$)* – 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.

$ПДК_n$ устанавливается с учётом трёх показателей вредности: органолептического, обще санитарного, санитарно-токсикологического.

Пример 2. *Предельно допустимая концентрация вещества в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей ($ПДК_p$)* – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать влияния на популяции рыб, в первую очередь, промысловых.

$ПДК_p$ устанавливается с учётом пяти показателей вредности:

- органолептического; санитарного; санитарно-токсикологического;
- токсикологического; рыбохозяйственного.

Наименьшая из безвредных концентраций по пяти показателям вредности принимается за *$ПДК_p$* с указанием лимитирующего показателя вредности. Рыбохозяйственные *$ПДК_p$* должны удовлетворять ряду условий, при которых не должны наблюдаться: гибель рыб и комовых организмов для рыб; постепенное исчезновение видов рыб и кормовых организмов; ухудшение товарных качеств обитающей в водном объекте рыбы; замена ценных видов рыб на мало ценные виды.

При оценке качества вод для определённых целей используют лимитирующий признак вредности (ЛПВ) показателей воды по классу опасности показателя (табл. 3), ЛПВ химических компонентов питьевых вод (табл. 4), ЛПВ химических компонентов вод для рыборазведения (табл. 5).

Таблица 3

Классы опасности химических веществ

Класс опасности	Наименование опасности веществ
1	Чрезвычайно опасные вещества (Hg, Р _{элементарный} , Be, Tl, γ-ГХЦГ – линдан, бенз(а)пирен)
2	Высоко опасные вещества (Al, Ba, B, Br, Co, Mo, Sb, F, As, Cd, Pb, Se, Bi, Te, W, Li, Sr, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , F ⁻ , CN ⁻ , ДДТ (сумма изомеров) и т. д.)
3	Опасные вещества (Fe, V, Mn, Zn, Cr ⁶⁺ , Ni, Cu, NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , H ₂ S, NH ₄ ⁺ по (N), хлорит-ион, хлорат-ион, дибензилтолуол и т. д.)
4	Мало опасные вещества (SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻)

Таблица 4

ЛПВ химических компонентов питьевых вод [82]

ЛПВ	Компоненты
Органо-лептический	Fe, Mn, Cu, Zn, Eu, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , хлор остаточный свободный, хлор остаточный связанный, озон остаточный, хлорат, сероводород, полифосфаты (по PO ₄ ³⁻)
Санитарно-токсикологический	Al, Ba, Be, B, Cd, Mo, As, Ni, Hg, Pb, Se, Sr, Cr ⁶⁺ , Cr ³⁺ , Tl, P, Nb, Te, Sm, Li, W, Ag, V, Sb, Bi, Co, Rb, Si, Na, , аммиак (по азоту), CN ⁻ , NO ₃ ⁻ , F ⁻ , CNS ⁻ , Br ⁻ , хлорит, персульфат, гидросульфид, гесанитрокобальтиат, ферроцианид, перхлорат. Перекись водорода, γ-ГХЦГ (линдан), ДДТ, 2,4-Д, хлороформ, формальдегид, полиакриламид, активированная кремнекислота (по Si), остаточные количества железо- и алюминий содержащих коагулянтов

Таблица 5

ЛПВ химических компонентов вод, используемых для рыбохозяйственных целей [70]

ЛПВ	Компоненты
Органолептический	Ba
Санитарный	Бор
Санитарно-токсикологический	Ca, Mg, Na, NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , метанол
Токсикологический	Акриламид, Al, NH ₄ ⁺ , Be, бензол, B ⁻ , H ₃ BO ₃ , V, W, Fe, J, Cd, Ca, Mg, Mn, Cu, Mo, As, Na, нефть и нефтепродукты, Ni, Sn, Hg, Rb, Se, Sr, пропанол, SO ₃ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Cs, Zn, Zr, этанол
Рыбохозяйственный	Нефть и нефтепродукты, фенол

Следует обратить внимание, что одни и те же показатели качества воды для разных целей назначения имеют различный признак вредности. Например:

- ЛПВ железа в воде для питьевых целей – органолептический, а в воде для рыбохозяйственных целей – токсикологический;
- ЛПВ бора в воде для питьевых целей – санитарно-токсикологический, а в воде для рыбохозяйственных целей – санитарный;
- ЛПВ бария в воде для питьевых целей – санитарно-токсикологический, а в воде для рыбохозяйственных целей – органолептический.

Органолептический показатель вредности характеризует способность вещества изменять органолептические свойства воды.

Санитарный показатель определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счёт биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры.

Санитарно-токсикологический показатель характеризует вредное воздействие на организм человека.

Токсикологический показатель показывает токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект.

Рыбохозяйственный показатель вредности определяет порчу качеств промысловых рыб.

Для отдельных веществ допускается использование **ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ)**, сроки действия которых устанавливаются постановлением главного государственного санитарного врача Российской Федерации.

ОБУВ – временный рыбохозяйственный норматив, необходимый для решения вопроса о допустимости использования того или иного препарата в народном хозяйстве и установления допустимого уровня содержания его в воде рыбохозяйственного водоема.

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

2. Экологическое нормирование предполагает учёт допустимой нагрузки на экосистему. **Допустимой нагрузкой** 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 ведёт к ухудшению качества среды. К настоящему времени известны лишь некоторые попытки учёта нагрузки для растений суши и для сообществ водоёмов рыбохозяйственного назначения.

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 веществами** все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Кроме того, как правило, рассматривают как вредные все **ксенобиотики** (чужеродные для живых организмов, искусственно синтезированные вещества).

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на учёте порога вредного воздействия. **Порог вредного воздействия** – это минимальная доза вещества, при 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 счёт гомеостатических механизмов (механизмов поддержания внутреннего равновесия организма).

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.*

3. Требования, предъявляемые собственно к *источникам воздействия*, отражает **научно-техническое нормирование**. К научно-техническим нормативам относятся нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (предельно допустимые выбросы – **ПДВ** и предельно допустимые сбросы – **ПДС**, соответственно), пределы размещения отходов, 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 водных объектах, 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 и почву. Строго говоря, от предприятий требуются не собственно гарантии не превышения значений тех или иных **ПДК** в окружающей среде, а соблюдение пределов выбросов и

сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или для конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированная картина загрязнения окружающей среды или установление того, что в воздухе, воде, грунте содержатся вредные вещества в количествах, превышающих установленные нормативы, могут служить лишь косвенным свидетельством отклонений функционирования предприятия от приемлемых экологических и технологических стандартов. Подходы к научно-техническому и экологическому нормированию в настоящее время активно развиваются.

Вопросы для самоконтроля

1. Понятия «чистая вода», «природная вода», «загрязнитель воды».
2. Понятия «качество воды», «критерий качества воды», «нормы качества воды», «контроль качества воды».
3. Определение « $ПДК_n$ – предельно допустимой концентрации компонентов питьевых вод».
4. Определение « $ПДК_p$ – предельно допустимой концентрации компонентов вод для целей рыбохозяйственного».
5. Определение « $НПБЗК$ – нижний предел биологически значимой концентрации компонентов в питьевых водах» по А. А. Шварц.
6. Определение « $РП$ – рекомендуемые пределы концентраций компонентов в питьевых водах» по С.Л. Шварцеву.
7. Гигиенический критерий качества воды.
8. Рыбохозяйственный критерий качества воды.
9. Экологический критерий качества воды.
10. Экономический критерий качества воды.
11. Санитарно-гигиеническое нормирование показателей качества воды.
12. Экологическое нормирование качества воды.
13. Научно-техническое нормирование качества воды.

Глава 2. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОД РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Требования к качеству вод различного назначения состоят из критериев (комплекса показателей состава и свойств воды) и величин нормативов на эти показатели.

Показатели качества воды, как природного ресурса, не могут быть едиными, а зависят от вида использования воды: питьевое, рекреационное, рыбное хозяйство, земледелие, промышленность и т. д.

Для различного водопотребления устанавливаются и утверждаются свои требования к качеству воды.

Величины нормативов – (ПДК) и различные нормы и пределы концентраций компонентов вод – связаны с лимитирующим показателем вредности (ЛПВ) компонента воды для людей (табл. 3. 4), для рыб (табл. 5), воздействия на окружающую среду.

Пример 1. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения и культурно-бытового использования вод ПДК компонентов вод одинаковые (называются гигиенические ПДК) и показатели качества этих вод называются гигиеническими.

Пример 2. Утверждены санитарные правила и нормы, где указано, что является и какова величина предельно допустимой концентрации (ПДК) компонента в природной воде:

- для водных объектов, служащих источником нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения [96];
- водных объектов, используемых для отдыха населением [99].

2.1. Требования к качеству вод питьевого назначения

Вода питьевая – вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсичных химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения. [94, 95, 96, 98, 99, 104].

При оценке качества природной воды для питьевого, назначения используются *гигиенический критерий* (гигиенические показатели).

Пример. В требованиях к качеству воды *централизованного водоснабжения* критериями качества природных вод являются

6 комплексов из различного числа показателей качества природной воды с их нормативными величинами:

1. Показатели *безопасности* питьевой воды в эпидемиологическом отношении (табл. 9).

2. Показатели *безвредности* питьевой воды по химическому составу: по обобщённым показателям и содержанию вредных веществ, наи-

более часто встречающихся в природных водах территории РФ, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (табл. 10).

3. Показатели *безвредности* – по содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе её обработки в системе водоснабжения (табл. 11).

4. Показатели *безвредности* – по содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека (табл. 12).

5. Показатели *благоприятных органолептических свойств* воды (табл. 14), а также веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды (табл. 10, 11, 12).

6. *Радиационная безопасность* питьевой воды определяется её соответствием по показателям общей α - и β - активности (табл. 13).

2.1.1. Требования к качеству природной воды как источника хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения

Источниками хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения могут служить как *подземные*, так и *поверхностные* воды. Требования к качеству природной воды как источника хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения оценивается по ГОСТ 2761-84 [31], табл. 6. Качество вод дано классами.

В СанПиН 2.1.4.027-95 изложены требования к *подземным* источникам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Таблица 6

Нормативы показателей классов качества вод

№ п/п	Показатели	Классы		
		1	2	3
Подземные воды				
1	Мутность, мг/л (не более)	1,5	1,5	10
2	Цветность, градусы (не более)	20	20	50
3	pН, ед. рН	6,0–9,0	6,0–9,0	6,0–9,0
4	Fe _{общ.} , мг/л	0,3	10	20
5	Mn ²⁺ , мг/л	0,1	1	2
6	H ₂ S, мг/л	Отсутствие	3	10
7	F ⁻ , мг/л	1,5–0,7	1,5–0,7	5
8	Перман. окисл., мгО ₂ /л	2	5	15
9	Число бактерий группы кишечных палочек в литре (БГКП)	3	100	1000

Окончание табл. 6

№ п/п	Показатели	Классы		
		1	2	3
Поверхностные воды				
1	Мутность, мг/л (не более)	20	1 500	10 000
2	Цветность, градусы (не более)	35	120	200
3	Запах, балл	2	3	4
4	рН, ед. рН	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
5	Fe _{общ} , мг/л	1	3	5
6	Mn ²⁺ , мг/л	0,1	1	2
7	Фитопланктон, мг/л	1	5	50
8	Фитопланктон, кл/см ³	1 000	10 000	50 000
9	Перман. окисл., мг O ₂ /л	7	15	20
10	БПК, мг O ₂ /л	3	5	7
11	Число лактоположительных кишечных палочек в литре (ЛПКП)	1 000	10 000	50 000

Для каждого класса вод ГОСТ 2761–84 рекомендует нижеследующие методы обработки вод.

Подземные источники водоснабжения:

1-й класс – качество воды по всем показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ 2874-88 [32].

2-й класс – качество воды имеет отклонения по отдельным показателям от требований ГОСТ 2874-88, которые могут быть устранены аэрированием, фильтрованием, обеззараживанием; или источники с непостоянным качеством воды, которое проявляется в сезонных колебаниях сухого остатка в пределах нормативов ГОСТ 2874-88, требующие профилактического обеззараживания;

3-й класс – доведение качества воды до требований ГОСТ 2874 методами обработки, предусмотренными во 2-м классе, с применением дополнительных – фильтрование с предварительным отстаиванием, использование реагентов и т. д.

Поверхностные источники водоснабжения:

1-й класс – для получения воды, соответствующей ГОСТ 2874, требуется обеззараживание, фильтрование с коагулированием или без него;

2-й класс – для получения воды, соответствующей ГОСТ 2874, требуется коагулирование, отстаивание, фильтрование, обеззараживание; при наличии фитопланктона – микрофильтрование;

3-й класс – доведение качества воды до требований ГОСТ 2874 методами обработки, предусмотренными во 2-м классе с применением дополнительных – дополнительной ступени осветления, применение окислительных и сорбционных методов, а также более эффективных методов обеззараживания и т. д. (На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 51232–98 [35]).

2.1.2. Требования к качеству воды подземных источников нецентрализованного водоснабжения

Наряду с источниками вод централизованного водоснабжения для питьевых целей широко используются источники подземных и поверхностных вод нецентрализованного водоснабжения: воды реки, родники, колодцы, колонки скважины, группы скважин с водонапорной башней, скважины для розлива питьевых, минеральных и столовых бутилированных вод.

Пример. По своему составу и свойствам **вода подземных источников нецентрализованного водоснабжения** для питьевых и хозяйственных нужд населения *должна соответствовать нормативам*, приведенным в СанПиН 2.1.4.1175-02 [96], табл. 7, 8.

Таблица 7

Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения [96]

Показатели	Норматив, не более	Показатели	Норматив, не более
Запах, балл	2–3	Нитраты, мг/л	45
Привкус, балл	2–3	Ж, мг-экв/л	7–10
Цветность, град. цв-ти	30	П.ок., мг О ₂ /л	5–7
Мутность, мг/л	1,5–2,0	Сульфаты, мг/л	500
pH, ед. pH	6–9	Хлориды, мг/л	350
М., (с. о.), мг/л	1000–1500	Х. в-ва, неорг., орг.	ПДК _n

Таблица 8

Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения по микробиологическим показателям [96]

Показатель	Критерий	Норматив
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии микробов в 1 мл	100
Темотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц в 100 мл	Отсутствие

2.1.3. Требования к качеству питьевой воды централизованного водоснабжения

В нашей стране до последнего времени *гигиенические требования к качеству питьевой воды* определялись нормами ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». В соответствии с этим документом, показатели качества воды подразделялись

только на виды микробиологические, токсикологические и органолептические. С 1996 г. гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованных систем водоснабжения определялись санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода», а с 2001 г. и в настоящее время – СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода». Несмотря на то, что документы (ГОСТ 2874-82 и СанПиН 2.1.4.559-96) уже не используются при оценке качества питьевой воды централизованного водоснабжения, многие действующие нормативные документы имеют ссылки на них.

В СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» показатели качества воды подразделяются на большее число видов:

1) эпидемические:

- микробиологические,
- паразитологические;

2) химические:

- обобщённые,
- вредные неорганические, органические,
- поступающие и образующиеся в процессе обработки воды;

3) органолептические;

4) радиационной безопасности.

При централизованном водоснабжении законодательно определено, что вода, поступающая к потребителю, должна быть приятной в органолептическом отношении и безопасной для здоровья; при этом подразумевается, что содержание вредных веществ в воде не должно превышать предельно допустимых концентраций [94].

Общее число химических веществ, которые в результате производственной деятельности загрязняют природные воды и могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека, постоянно растёт и в настоящее время превышает 50 000. Поэтому проведение тестов на определение концентрации всех химических веществ, которые могут присутствовать в воде, просто невозможно.

В то же время систематизированы наиболее часто встречающиеся в природных водах и образующиеся при обработке воды химические вещества, которые могут нанести вред здоровью человека. Поэтому необходимо определять их концентрацию в природной или обработанной воде и в случае превышения ими *ПДК* проводить **доочистку воды до норм качества воды питьевого назначения**.

Качество питьевой воды, подаваемой системой водоснабжения, должно соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4. 1074-01 [94]. Критерии качества питьевой воды и их нормативы см. табл. 9–14.

Таблица 9

Нормативы по микробиологическим и паразитологическим показателям [94]

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолитарные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл ¹⁾	Отсутствие
Общие колиформные бактерии ²⁾	Число бактерий в 100 мл ¹⁾	Отсутствие
Общее микробное число ²⁾	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги ³⁾	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий ⁴⁾	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий ³⁾	Число цист в 50 мл	Отсутствие

Примечания.

1. При определении проводится трех кратное исследование по 100 мл отобранной пробы воды.

2. Превышение норматива не допускается в 95 % проб, отбираемых в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети в течение 12 месяцев. При количестве исследуемых проб не менее 100 за год.

3. Определение проводится только в системах водоснабжения из поверхностных источников перед подачей в распределительную сеть.

4. Определение проводится при оценке эффективности технологии обработки воды.

Таблица 10

Обобщенные показатели и содержания вредных химических веществ [94]

Показатели	Единицы измерения	Нормативы ПДК, не более	Показатель вредности ¹⁾	Класс опасности
<i>Обобщенные показатели</i>				
Водородный показатель	ед. pH	6–9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500) ²⁾		
Жесткость общая	мг-экв/л	7,0 (10) ²⁾		
Окисляемость перманганатная	мгО/л	5		
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5		
Фенольный индекс	мг/л	0,25		
<i>Неорганические вещества</i>				
Алюминий (Al ³⁺)	мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba ²⁺)	мг/л	0,1	с.-т.	2
Бериллий (Be ²⁺)	мг/л	0,0002	с.-т.	1
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5	с.-т.	2
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3 (1,0) ²⁾	орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1 (0,5) ²⁾	орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1	орг.	3
Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,25	с.-т.	2

Окончание табл. 10

Показатели	Единицы измерения	Нормативы ПДК, не более	Показатель вредности ¹⁾	Класс опасности
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05	с.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	с.-т.	3
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	мг/л	45	с.-т.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0.03	с.-т.	2
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01	с.-т.	2
Стронций (Sr ²⁺)	мг/л	7	с.-т.	2
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/л	500	орг.	4
Фториды (F ⁻)	мг/л			
<i>Для климатических районов</i>				
I – II	мг/л	1,5	с.-т.	2
III	мг/л	1,2	с.-т.	2
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	350	орг.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN ⁻)	мг/л	0,035	с.-т.	2
Цинк (Zn ²⁺)	мг/л	5	орг.	3
<i>Органические вещества</i>				
γ – ГХЦГ (линдан)	мг/л	0,002 ³⁾	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	мг/л	0,002 ³⁾	с.-т.	2
2,4 – Д	мг/л	0,03 ³⁾	с.-т.	2

Примечания:

1. Лимитирующий признак вредности вещества, по которому устанавливается норматив: «с.-т.» – санитарно-токсикологический, «орг.» – органолептический.

2. Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению 2) Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

3. Нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.

Таблица 11

Нормативы по содержанию вредных химических веществ (мг/л), поступающих и образующихся в воде в процессе её обработки в системе водоснабжения [94]

Показатели	Нормативы (ПДК), не более	Показатель вредности ¹⁾	Класс опасн.
Хлор ¹⁾			
Остаточный свободный	В пределах 0,3–0,5	орг.	3
Остаточный связанный	В пределах 0,8 – 1,2	орг.	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	0,2 ²⁾	с. – т.	2
Озон остаточный ³⁾	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды)	0,05	с. – т.	2

Окончание табл. 11

Показатели	Нормативы (ПДК), не более	Показатель вредности ¹⁾	Класс опасн.
Полиакриламид	2	с. – т.	2
Активированная кремнекислота (по Si)	10	с. – т.	2
Полифосфаты (по PO_4^{3-})	3,5	орг.	3
Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов	См. показатели «Алюминий», «Железо» табл. 10		

Примечания:

1. При обеззараживании воды свободным хлором время контакта с водой должно составлять не менее 30 минут, связанным хлором – не менее 60 минут. Контроль содержания остаточного хлора производится перед подачей воды в распределительную сеть. При одновременном присутствии в воде свободного и связанного хлора их общая концентрация не должна превышать 1,2 мг/л. В отдельных случаях по согласованию с центром Госсанэпиднадзора может быть допущена повышенная концентрация хлора в питьевой воде.

2. Норматив принят в соответствии с рекомендациями ВОЗ.

3. Контроль содержания остаточного озона производится после камеры смешения при обеспечении времени контакта не менее 12 минут.

Таблица 12

**Гигиенические нормативы содержания (мг/л) вредных
неорганических веществ в питьевой воде [94]**

Наименование вещества	Величина норматива	Показатель вред- ности	Класс Опасности
<i>1. Элементы, катионы</i>			
Таллий	0,0001	с.-т.	2
Фосфор элементарный	0,0001	с.-т.	1
Ниобий	0,01	с.-т.	2
Теллур	0,01	с.-т.	2
Самарий	0,024*	с.-т.	2
Литий	0,03	с.-т.	2
Вольфрам	0,05	с.-т.	2
Серебро	0,05	с.-т.	2
Ванадий	0,1	с.-т.	3
Сурьма	0,05	с.-т.	2
Висмут	0,1	с.-т.	2
Кобальт	0,1	с.-т.	2
Рубидий	0,1	с.-т.	2
Европий	0,3*	орг., привк.	4
Аммиак (по азоту)	2	с.-т.	3
Хром (Cr 3+)	0,5	с.-т.	3
Кремний	10	с.-т.	2
Натрий	200	с.-т.	2

Окончание табл. 12

Наименование вещества	Величина норматива	Показатель вредности	Класс Опасности
<i>2. Анионы</i>			
Роданид – ион	0,1	с.-т.	2
Хлорит-ион	0,2	с.-т.	3
Бромид-ион	0,2	с.-т.	2
Персульфат-ион	0,5	с.-т.	2
Гексанитрокобальтиат-ион	1	с.-т.	2
Ферроцианид – ион	1,25	с.-т.	2
Гидросульфид – ион	3	с.-т.	2
Нитрит – ион	3	орг.	2
Перхлорат – ион	5	с.-т.	2
Хлорат – ион	20	орг., привк.	3
Сероводород	0,003	орг., зап.	4
Перекись водорода	0,1	с.-т.	2

Радиационная безопасность питьевой воды определяется её соответствием нормативам, представленным табл. 13.

Таблица 13

Нормативы радиационной безопасности питьевой воды [94]

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатель вредности
Общая α – радиоактивность	Бк/л	0,1	радиац.
Общая γ – радиоактивность	Бк/л	1	радиац.

Таблица 14

Нормативы на органолептические свойства воды [94]

Показатели	Единицы измерения	Нормативы, не более
Запах	Баллы	2
Привкус	Баллы	2
Цветность	Градусы	20 (35) ¹⁾
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазону) или мг/л (по каолину)	по формазону 2,6 (3,5) ¹⁾ или по каолину 1,5 (2) ¹⁾

Примечание. Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

2.1.4. Требования к качеству воды, расфасованной в ёмкости

Возможность использования природной воды для расфасовывания в ёмкости оценивается по критериям и их нормативам, приведенных в СанПиН 2.1.4.1116-01 [95], табл. 15, колонки 3, 4, в сравнении с ПДК_н централизованного водоснабжения и пределами, рекомендуемыми учёными [3, 54]. Наряду с требованиями к питьевым водам, утверждёнными

ми государственными организациями [94, 95, 96], учёные продолжают исследования в конкретизации критериев и их нормативов для оценки качества питьевых вод.

Например, А.А. Шварц и М.В. Барвиш [3] для питьевых вод устанавливают нижние пределы биологически значимых концентраций (НПБЗК) компонентов вод, табл. 15, столб. 5; табл. 16, столб. 2.

НПБЗК с медико-биологической точки зрения – такая концентрация, при которой поступление элемента в организм с водой может сказаться на общем микроэлементном балансе человека.

С.Л. Шварцевым и В.В. Куренным [54] рекомендованы пределы (**РП**) концентраций компонентов в оптимальных питьевых водах с историко-гидрогеологических позиций, табл. 15, столб. 6; табл. 16, столб. 3.

Таблица 15

Нормативы и рекомендуемые содержания компонентов в питьевой воде

Компонент, показатель вредности ¹⁾ , класс опасности, размерность	ПДК _n [94]	Нормативы для фасованной воды [95]		НПБЗК [3]	РП [54]
		первой категории	высшей категории		
1	2	3	4	5	6
I. Критерии эстетических свойств а) органолептические показатели					
Запах, орг., при 20°C, при нагрев. до 60°C, баллы	2	0 1	0 0	–	–
Привкус, баллы, орг.	2	0	0	–	–
Цветность, орг., градусы цв.	20 (35) ²⁾	5	5	–	–
Мутность, орг., ЕМФ (ед-цы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	2,6 (3,5) ²⁾ 1,5 (2) ²⁾	1,0	0,5	–	–
Водородный показатель (рН), орг., ед. рН	6–9	6,5–8,5	6,5–8,5	–	6,8–7,2
б) показатели солевого состава					
Хлориды, Cl ⁻ , орг., 4, мг/л	350	250	150	100	2–10
Сульфаты, (SO ₄ ²⁻), орг., 4, мг/л	500	250	150	21,25 (по S)	3–12
Фосфаты, PO ₄ ³⁻ , орг., 3, мг/л	3,5	3,5	3,5	–	0,05–0,20
II. Критерии безвредности химического состава					
а) показатели солевого и газового состава					
Силикаты (по Si), с-т, 2, мг/л	10	10	10	0,25	10–25 (по SiO ₂)
Нитраты (NO ₃ ⁻), с-т, 3, мг/л	45	20, орг.	5 (орг.)	–	0,3–3
Цианиды (по CN ⁻), с-т, 2, мг/л	0,035	0,035	0,035	–	–
Сероводород (H ₂ S), орг., запах, 4, мг/л	0,003	0,003	0,003	–	–

Продолжение табл. 15

Компонент, показатель вредности ¹⁾ , класс опасности, размерность	ПДК _n [94]	Нормативы для фа- сованной воды [95]		НПБЗК [3]	РП [54]
		первой категори	высшей категори		
1	2	3	4	5	6
<i>б) токсичные металлы</i>					
Алюминий (Al ³⁺), с-т, 2, мг/л	0,5	0,2	0,1	0,375	—
Барий (Ba ²⁺), с-т, 2, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,02	—
Бериллий (Be ²⁺), с-т, 1, мг/л	0,0002	0,0002	0,0002	0,00025 ⁵⁾	—
Железо (Fe, сум), орг., 3, мг/л	0,3;(1,0) ²⁾	0,3	0,3	0,375	0,05–0,5
Кадмий (Cd, сум), с-т, 2, мг/л	0,001	0,001	0,001	0,0025 ⁵⁾	—
Кобальт (Co, сум), с-т, 2, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,0075	—
Литий (Li ⁺), с-т, 2, мг/л	0,03	0,03	0,03	0,025	—
Марганец (Mn, сум), орг., 3, мг/л	0,1; 0,5) ²⁾	0,05	0,05	0,0925	—
Медь (Cu, суммарно), орг., 3, мг/л	1	1	1	0,0875	—
Молибден (Mo, сум), с-т, 2, мг/л	0,25	0,07	0,07	0,00625	—
Натрий (Na, сум), с-т, 2, мг/л	200	200	20	112,5	5–20
Никель (Ni, сум), с-т, 3, мг/л	0,1	0,02	0,02	0,0075	—
Ртуть (Hg, сум), с-т, 1, мг/л	0,0005	0,0005	0,0002	0,00037	—
Селен (Se, сум), с-т, 2, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,00375	—
Серебро (Ag ⁺), с-т, 3, мг/л	0,05	0,025	0,0025	0,00125	—
Свинец (Pb, сум), с-т, 2, мг/л	0,03	0,01	0,005	0,01	—
Стронций (Sr ²⁺), с-т, 2, мг/л	7	7	7	0,05	—
Сурьма (Sb, сум), с-т, 2, мг/л	0,05	0,005	0,005	0,00125	—
Хром (Cr ⁶⁺), с-т, 3, мг/л	0,05	0,05	0,03	0,00375	—
Цинк (Zn ²⁺), орг., 3, мг/л	5	5	3	0,325	—
<i>в) токсичные неорганические элементы</i>					
Бор (В, суммарно), с-т, 2, мг/л	0,5	0,5	0,3	0,0325	—
Мышьяк (As, суммарно), с-т, 2, мг/л	0,05	0,01	0,006	0,00125	—
Озон ⁶⁾ , орг., 3, мг/л	0,3	0,1	0,1	—	—
<i>г) галогены</i>					
Бромид-ион, с-т, 2, мг/л	0,2	0,2	0,1	0,1875	—
Хлор остаточный связан- ный, орг., 3, мг/л	0,8–1,2	0,1	0,1	—	—
Хлор остат. св., орг., 3, мг/л	0,3–0,5	0,05	0,05	—	—
<i>д) показатели органического загрязнения</i>					
Окисляемость перманганат- ная, мгО ₂ /л,	5	3	2	—	—
Аммиак или аммоний-ион, с-т, 3, мг/л	2 (по N)	0,1	0,05	—	—
Нитриты (NO ₂ ⁻), орг., 2, мг/л	3	0,5	0,005	—	—
Органический углерод, мг/л	—	10	5	7500 (ΣC)	3–8

Продолжение табл. 15

Компонент, показатель вредности ¹⁾ , класс опасности, размерность	ПДК _n [94]	Нормативы для фасованной воды [95]		НПБЗК [3]	РП [54]
		первой категори	высшей категори		
1	2	3	4	5	6
Поверхностно активные вещества (ПАВ), анионоактивные, орг., мг/л	0,5	0,05	0,05	—	—
Нефтепродукты, суммарно, орг., мг/л	0,1	0,05	0,01	—	—
Фенолы летучие (сум), орг. зап., 4, мг/л	—	0,0005	0,0005	—	—
Фенольный индекс, мг/л	0,1	—	—	—	—
Хлороформ (при хлорировании воды), мкг/л, с-т, 2	200 ⁷⁾	60	1	—	—
Бромформ, с-т, 2, мкг/л	—	20	1	—	—
Дибромхлорметан, с-т, 2, мкг/л	—	10	1	—	—
Бромдихлорметан, с-т, 2, мкг/л	—	10	1	—	—
Четырёххлористый углерод, с-т, 2, мкг/л	—	2	1	—	—
Формальдегид, (при озонировании воды) с-т, 2, мкг/л	50	5	5	—	—
Бенз(а)пирен, с-т, 2, мкг/л	—	0,005	0,001	—	—
Ди(2-этилгексил)фталат, с-т, 2, мкг/л	—	6	0,1	—	—
Гекахлорбензол, с-т, 2, мкг/л	—	0,2	0,2	—	—
Линдан (гамма изомер ГХЦГ), с-т, 1, мкг/л	2 ⁷⁾	0,5	0,2	—	—
2,4 – Д, с-т, 2, мкг/л	30 ⁷⁾	1	1	—	—
Гептахлор, с-т, 2, мкг/л	—	0,05	0,05	—	—
ДДТ. (сумма изомеров), с-т, 2, мкг/л	2 ⁷⁾	0,5	0,5	—	—
Атразин, с-т, 2, мкг/л	—	0,2	0,2	—	—
Симазин, орг., 4, мкг/л	—	0,2	0,2	—	—
<i>е) комплексные показатели токсичности</i>					
По ΣNO_2 и NO_3 , ед.	—	<0,5	<0,1	—	—
По Σ тригалометанов, ед.	—	<0,5	<0,1	—	—
III. Показатели радиационной безопасности					
Удельная суммарная α -радиоактивность, радиац., Бк/л	0,1	0,1	0,1	—	—
Удельная суммарная γ -радиоактивность, радиац., Бк/л	1	1	1	—	—
IV. Микробиологические и паразитологические показатели					
<i>а) бактериологические показатели</i>					
ОМЧ ^{8), 9)} при 37 °С, КОЕ ¹⁰⁾ /мл	не более 50	не более 20	не более 20		

Окончание табл. 15

Компонент, показатель вредности ¹⁾ , класс опасности, размерность	ПДК _n [94]	Нормативы для фасованной воды [95]		НПБЗК [3]	РП [54]
		первой категори	высшей категори		
1	2	3	4	5	6
ОМЧ ^{8), 9)} при 22 °С, КОЕ /мл ¹⁰⁾		не более 100	не более 100	–	–
Общие колиформн. бактерии ⁹⁾ , КОЕ / 100 мл ¹¹⁾	Отсут.	Отс. в 300 мл	Отсут. в 300 мл	–	–
Термотолитарные колиформные бактерии ⁹⁾ , КОЕ /100 мл ¹¹⁾	Отсут.	Отс. в 300 мл	Отсут. в 300 мл	–	–
Глюкозополож. колиформные бактерии, КОЕ/100 мл ¹¹⁾	–	Отс. в 300 мл	Отсут. в 300 мл	–	–
Споры сульфитредуцирующих кловстридий ¹²⁾ , КОЕ / 100 мл ¹¹⁾	Отсут.	Отсут. в 20 мл	Отсут. в 20 мл	–	–
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	Отсут. в 1000 мл	Отсут. в 1000 мл	–	–
<i>б) вирусологические показатели</i>					
Колифаги ¹³⁾ , БОЕ / 100 мл ¹⁴⁾	Отсут.	Отсут. в 1000 мл	Отсут. в 1000 мл	–	–
<i>в) паразитологические показатели</i>					
Ооцисты криптоспоридий, кол-во/50 мл	–	Отсут.	Отсут.	–	–
Цисты лямблий, кол-во/50 мл	–	Отсут.	Отсут.	–	–
Яйца гельминтов, кол-во/50мл	–	Отсут.	Отсут.	–	–
V. Показатели физиологической полноценности					
Общая минерализация (сухой остаток), в пределах, мг/л	1000 (1500) ²⁾	1000	200–500	–	100–300
Жесткость, мг-экв/л	7 (10) ²⁾	7	1,5–7	–	–
Щёлочность, мг-экв/л	–	6,5	0,5–6,5	–	–
Кальций (Ca), мг/л	–	130	25-80	27,5	15–30
Магний (Mg), мг/л	–	65	5–50	7,5	3–12
Калий (K), мг/л	–	20	2–20	75	0,5–3
Бикарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг/л	–	400	30-400	–	50–160
Фторид-ион (F ⁻), с-т, 2, мг/л	1,5 (I и II) 1,2 (III)	1,5	0,6-1,2	0,05	0,1–0,5
Иодид-ион (I ⁻), мкг/л	–	125 ¹⁵⁾	40–60 ¹⁶⁾	3,75	–
Кислород (O ₂), мгO ₂ /л	–	5	9	–	–
IV. Консерванты расфасованных вод					
Серебро (Ag), с-т, 2, мкг/л	50	25	2,5	1,25	–
Йод (I), мкг/л	125	60	60	3,75	–
Диоксид углерода (CO ₂), мг/л	0,4 ¹⁷⁾	0,4 ¹⁷⁾	0,2 ¹⁷⁾	–	–

Примечания:

1) – лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив «с-т» – санитарно-токсикологический, «орг.» – органолептический;

2) величина, указанная в скобках может быть установлена по постановлению Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки;

3) показатели солевого состава, нормированные по влиянию на органолептические (эстетические) свойства воды;

4) показатели солевого состава, нормированные по токсическому влиянию на организм;

5) –концентрации, превышающие $ПДК_n$;

6) контроль содержания остаточного озона производится после камеры смешения при обеспечении времени контакта не менее 12 мин.;

7) норматив принят в соответствии с рекомендациями ВОЗ;

8) ОМЧ) общее микробное число, число образующих колонии бактерий в 1 мл;

9) превышение норматива не допускается в 95 % проб, отбираемых в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети в течение 12 месяцев, при количестве исследуемых проб не менее 100 за год;

10) (КОЕ) колонии образующие единицы, число бактерий;

11) при определении проводится трёх кратное исследование по 100 мл отобранной пробы воды;

12) определение проводится при оценке эффективности технологии обработки воды;

13) определение проводится только в системах водоснабжения из поверхностных источников перед подачей в распределительную сеть;

14) (БОЕ) число бляшкообразующих единиц;

15) йодирование воды на уровне ПДК допускается при отсутствии профилактики йоддефицита за счёт йодированной соли при условии соблюдения допустимой суточной дозы (ДСД) йодид-иона, поступающего суммарно из всех объектов окружающей среды в организм;

16) йодирование воды на уровне 30–60 мкг/л разрешается в качестве способа массовой профилактики йод дефицита при использовании иных мер профилактики;

17) максимально допустимая массовая доля диоксида углерода в соответствии с государственным стандартом для минеральных питьевых лечебных и лечебно-столовых вод.

Учёные НИИ гигиены и экологии им. Ф.Ф. Эрисман [45] при оценке качества питьевых вод предлагают использовать критерием *нижний и верхний уровень оптимальности вод* – K_{opt} , (табл. 16, столб. 4).

Таблица 16

Рекомендуемые нормы и пределы качества питьевых вод

Компоненты, мг/л	НПБЗК, Шварц А.А., 2000 г.	РП, Шварцев С.Л., 2001 г.(2010 г.)	C_{opt} , НИИ гигиены и экологии, 2003 г.
1	2	3	4
рН, ед. рН	–	6,8–7,2	–
Минерализация	–	100–300	300–500
Жёсткость, мг-экв/л	–	–	3,5–6,5
Кальций	27,5	15–30	64–81
Магний	7,5	3–12	21–27
Гидрокарбонаты	–	50–160	360–380
Сульфаты	–	3–12	8–12,2
Хлориды	100	2–10	1,5–3
Фтор,	0,05	0,1–0,5	0,7–1,0
Йод	0.00375	–	0,03–0,2

Компоненты, мг/л	НПБЗК, Шварц А.А., 2000 г.	РП, Шварцев С.Л., 2001 г.(2010 г.)	$C_{опт.}$, НИИ гигиены и экологии, 2003 г.
1	2	3	4
Натрий, Калий	112,5 75	5–20 0,5–3	$\Sigma(\text{Na} + \text{K}) =$ $= 12,8–17,0$
Нитраты	–	0,3–3	–
Фосфаты	–	0,05–0,20	–
Нитриты	–	0,01–0,1	–
Аммоний	–	0,02–0,2	–
SiO ₂	–	10–25	–
C _{орг}	–	3–8	–
Железо	0,375	0,05–0,5	–

В работе [45] приведена формула расчёта коэффициента оптимальности $K_{опт}$:

$$K_{опт} = \sum \left(\frac{M}{M_{опт}} + \frac{Ca}{Ca_{опт}} + \frac{Mg}{Mg_{опт}} + \frac{SO_4}{SO_{4,опт}^{2-}} + \frac{Cl}{Cl_{опт}} + \frac{Ж}{Ж_{опт}} + \frac{F}{F_{опт}} \right) \div 7. \quad (3)$$

В отличие от нормативных документов, где качество питьевой воды характеризуется словами «должно соответствовать требованиям (нормативам) СанПиН», учёные своим критериям предлагают и словесную характеристику качества питьевых вод.

Пример 1. В.Е. Кац В.Е. и М.С. Доставалова [45] качество питьевой воды характеризуют категориями и словами, табл. 17, рис. 4.

Таблица 17

Качество питьевых вод по коэффициенту оптимальности

Качество воды	Норматив $K_{опт}$
1 категория – воды неоптимальные	$K_{опт} < 0,4; K_{опт} > 30$
2 категория – воды мало оптимальные	$0,4 < K_{опт} < 0,8;$ $1,2 < K_{опт} < 30$
3 категория – воды оптимальные	$0,8 < K_{опт} < 1,2$

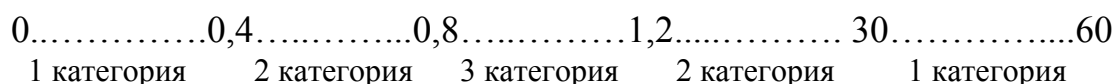


Рис. 4. Шкала оптимальности вод

Пример 2. Н.М. Рассказов¹⁾ предложил характеризовать качество питьевых вод словами «оптимальное, оптимально рекомендуемое, максимально допустимое», табл. 18, при $K_{пдк} \leq 1$ для нормативов СанПиН 1074-01, СанПиН 1116-02 и пределов НПБЗК и РП.

Критерии качества питьевой воды по методике ТПУ, ИГНД

Качество воды	Критерий качества
1. Оптимальное	$\frac{C_i}{ПДК_{i,высш.кат.1116-02}} \leq 1$
2. Оптимально рекомендуемое	$\frac{C_i}{НПБЗК_i} \leq 1, \quad \frac{C_i}{РП_i} \leq 1$
3. Максимально допустимое	$\frac{C_i}{ПДК_{i,1074-01.}} \leq 1$

Примечание. ¹⁾ Н.М.Рассказов – профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Института природных ресурсов Томского политехнического университета.

2.1.5. Требования к качеству минеральных вод

Минеральные воды отличаются широким разнообразием химического состава растворённых веществ, степенью минерализации, газовым составом и физическими свойствами. Однако для всех минеральных вод общим является благоприятное физиологическое воздействие на организм, что чаще всего доказывается экспериментально. В связи с этим такие *минеральные воды называют лечебными водами*.

Среди *минеральных вод*, кроме того, выделяют приятные на вкус *питьевые столовые воды*, которые могут и не иметь определённых лечебных показателей. Для *минеральных столовых вод* санитарно-гигиенические требования к качеству воды определяются в основном вкусом воды и требованиями ГОСТа 2874–88.

Требования к составу *минеральных лечебных вод* определяются комплексом показателей физико-химических свойств и газового состава в каждом отдельном случае. Кроме того, минеральные лечебные воды должны отвечать требованиям ГОСТ 2874-88 в бактериальном отношении и по содержанию вредных веществ (если по *специальным лечебным* требованиям норма последних не повышается).

Подземные *минеральные лечебные воды* являются очень сложными динамичными многофазными системами, в которых содержатся растворённые минеральные и органические вещества, а также газы [81].

Содержащиеся в воде соли, ионы, газы, органические вещества, микроэлементы, радиоактивные вещества, положительно изменяющие функциональное состояние живого организма, называются
бальнеотерапевтически активными компонентами (БАК).

Бальнеологическая ценность минеральных вод определяется общей минерализацией, ионным составом, наличием растворённых и спонтан-

ных газов, содержанием органических веществ и микроэлементов, радиоактивностью, показателем реакции среды, температурой.

Минеральными лечебными водами являются природные подземные воды, оказывающие на организм человека лечебное действие, обусловленное повышенным содержанием полезных бальнеологически активных компонентов, особенностями газового состава или общим ионно-солевым составом. ГОСТ 13273-73

Качество природной воды **как источника минеральной воды** оценивается *по критериям и их нормам минимальной концентрации компонента (бальнеологически активных компонентов) (МКК_{БАК})*, табл. 39, [44], ГОСТ 13273-88 [19] и МУ МРФ № 2000/34 [69].

Впервые *критерии оценки* минеральных вод предложил Грюнхут в 1907–1911г. Критериями оценки являлись предельные (максимальные) концентрации веществ в обычных пресных водах. Эти критерии оценки минеральных вод были утверждены Наугеймским совещанием в 1911 г. Вопрос о научной обоснованности критериев был поднят лишь в 1960 году. Специалистами Центрального научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии (ныне Российский центр восстановительной медицины и курортологии) были проведены обширные научные исследования. По результатам этих исследований экспериментально и клинически было определено лечебное значение показателей минеральных вод, установлена бальнеологически значимая норма и разработана классификация минеральных вод. В настоящее время в Российской Федерации принят ряд показателей при разделении минеральных вод (табл. 39).

Критериями при разделении питьевых природных минеральных вод являются концентрации биологически активных компонентов (БАК), табл. 19 и величины минерализации, табл. 20.

Таблица 19

Бальнеологическая норма при выделении минеральных вод

Наименование минеральной воды	Наименование биологически активного компонента	(МКК _{БАК}), мг/л, не менее
Углекислая	Свободная двуокись углерода (растворённая)	500
Железистая	Железо	10,0
Мышьяковистая	Мышьяк	0,7
Борная	Ортоборная кислота H_3BO_3	35,0
Кремнистая	Метакремниевая кислота H_2SiO_3	50,0
Бромная	Бром	25,0

Окончание табл. 19

Наименование минеральной воды	Наименование биологически активного компонента	(МКК _{БАК}), мг/л, не менее
Йодная	Йод	5,0
Содержащая орг. вещества	Органические вещества (в расчёте на углерод)	5,0
Радоновая	Радон (Rn-222)	100 нКю/дм ³ (3700 Бк/дм ³)

Таблица 20

Качество минеральных вод по величине минерализации

Наименование воды	Значение минерализации, г/л
Минерально-столовая	<1
Лечебно-столовая	2–8
Питьевые лечебные	8–12
Слабоминерализованная	< 1
Маломинерализованная	1–5
Среднеминерализованная	5–15
Высокоминерализованная	15–20
Рассолы	>35

Минеральные природные столовые воды – это подземные воды, обладающие высоким качеством по сравнению с питьевой водой на конкретной территории, с минерализацией до 1 г/л, а также отвечающие установленным гигиеническим требованиям и рекомендациям ВОЗ по контролю качества питьевой воды.

Минеральные питьевые лечебно-столовые воды – это воды с минерализацией от 1 до 10 г/л или при меньшей минерализации, но содержащие биологически активные компоненты в количестве не ниже бальнеологически значимой нормы.

Минеральные питьевые лечебные воды – это воды с минерализацией 10–15 г/л или при меньшей минерализации, но при наличии в них повышенных количеств мышьяка, бора и некоторых других бальнеологически активных микрокомпонентов.

Для **наружного применения** используются воды с минерализацией от 15 г/л и выше (до 300 г/л) при разведении до оптимальной минерализации или с более низкой минерализацией, но при наличии в них бальнеологически активных компонентов – брома, йода, сероводорода, углекислоты, радона от 185 Бк/л, (5 нКю/л).

В настоящее время контроль качества минеральных вод осуществляется с использованием широкого спектра компонентов, для которых регламентированы предельные нормы. В частности, этот спектр расширен за счёт установления предельно допустимой концентрации (*ПДК*) по кадмию, ртути, радионуклидам (цезий-137, стронций-90), а также суммарной α - и суммарной β -активности. Содержание ряда химических компонентов в минеральных водах лимитируется величиной их *ПДК_м*, табл. 21.

Таблица 21

Предельно допустимые концентрации (*ПДК_м*)
компонентов минеральных вод

Наименование компонентов	<i>ПДК_м</i> , мг/л, не более	Наименование компонентов	<i>ПДК_м</i> , мг/л, не более
1	2	3	4
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	50	Стронций (Sr)	25
Нитриты (по NO ₂ ⁻)	2,0	Фенол	0,001
Свинец (Pb)	0,1	Другие органические вещества (в расчёте на углерод C _{орг}): в лечебных водах в лечебно-столовых	20 10
Селен (Se)	0,05		
Кадмий (Cd)	0,01		
Ртуть (Hg)	0,005		
Мышьяк (As) в расчёте на металлический As: в лечебных водах в лечебно-столовых	2,0 1,5	Радий (Ra-226)	54 Бк/л (1,44 · 10 ⁻¹⁰)*
		Уран (U-238)	8,8 Бк/л (2,4 · 10 ⁻¹⁰)*
Фтор (F): в лечебных водах в лечебно-столовых	15 10	Цезий 137 (Cs-137)	8,0 Бк/кг
		Стронций-90 (Sr-90)	8,0 Бк/кг
		Суммарная α -активность	0,1 Бк/кг
		Суммарная β -активность	1,0 Бк/кг

*) – предельное годовое поступление (*ПГП_{max}*, Бк/год) с учётом объёма минеральной воды на курс лечения.

Современные требования к минеральным водам отличаются от принятых ранее в классификации В.В. Иванова и Г.А. Невраева [44], табл. 22.

Таблица 22

Основные критерии оценки минеральных вод [44]
с изменениями [69] и добавлениями [19]

Основные показатели	Нормы минеральных вод (MKK_{BAK})	Значение показателей	Наименование вод
Общая Минерализация, г/л		< 1	Слабой минер-ции
		1–5	Малой минер-ции
		5–15	Средней минер-ции
		15–35	Высокой минер-ции
		35–70	Слабые рассольные
		70–150	Рассольные
		> 150	Крепкие рассольные
Ионный состав, мг-экв., %		Cl, Na > 20, др. ионы < 20	Хлоридные натриевые
		HCO ₃ , Ca, Mg > 20, Ca > Mg, др. ионы < 20	Гидрокарбонатные магниевые-кальциевые
		Cl, HCO ₃ , Na > 20, HCO ₃ > Cl, др. ионы < 20	Хлоридно-гидрокарбонатные натриевые
Газовый состав, объемный %		CO ₂ > 10, др. газы < 10	Углекислые
		N ₂ , CH ₄ > 10, CH ₄ > N ₂ , др. < 10	Азотно-метановые
Газонасыщенность, мг/л		> 1000	Высоко газонас-ные
		1000–100	Средне газонас-ные
		100–50	Слабо газонас-ные
		< 50	Очень слабо газонас.
CO ₂ свободная (растворенная), г/л	0,5 – для внутреннего применения 1,4 – для наружного применения	0,5–1,4	Слабо углекислые
		1,4–2,5	Углекислые средней концентрации
		> 2,5	Сильно углекислые, «выделяющие спонтанный газ», «газирующие»
H ₂ S общая, мг/л	10	10–50	Слабо сероводородные
		50–100	Сероводородные средней конц-ции
		100–250	Крепкие сероводородные
		> 250	Очень крепкие сероводородные
		при pH < 6,5	Сероводородные
		при pH 6,5–7,5	Сероводородно-гидросульфидные или гидросульфидно-сероводородные
		при pH > 7,5	Гидросульфидные

Продолжение табл. 22

Основные показатели	Нормы минеральных вод (МКК _{БАК})	Значение показателей	Наименование вод
As, мг/л	0,7	0,7–5,0	Мышьяковистые
		5,0–10	Крепкие мышьяковистые
		>10	Очень крепкие мышьяковистые
Fe (Fe ²⁺ + Fe ³⁺), мг/л	10	10–40	Железистые
		40–100	Крепкие железистые
		>100	Очень кр. желез-е
Br, мг/л	25 ^{*)}	25	Бромные
I, мг/л	5 ^{*)}	5	Иодные
(H ₂ SiO ₃ + H ₄ SiO ₄), мг/л	50	50	Кремнистые
H ₃ BO ₃ или HBO ₂ , мг/л	35	35	Борные
	50	50	
Содержание Rn, радиактивность	>185 Бк/л ^{**)}	185–1480 Бк/л	Слаборадоновые
	>5 н Ки/л	5–40 н Ки/л	
	<50 эман.	3–50 эман.	
	>10 ед Махе	14–110 ед. Махе	
		1480–7400 Бк/л 40–200 н Ки/л 3–2000 эман. 110–550 ед. Махе	Среднерадоновые
		>7400 Бк/л >200 н Ки/л >2000 эман >550 ед. Махе	Высокоррадоновые
	>5	5–10	Типовые леч.-стол.
		10–15	Лечебные
		>15	ПДК
pH, ед. pH		<3,5	Сильнокислые
		3,5–5,5	Кислые
		5,5–6,8	Слабокислые
		6,8–7,2	Нейтральные
		7,2–8,5	Слабощелочные
		> 8,5	Щелочные
Темпера-тура, °С		Ниже 4	Очень холодные
		4–20	Холодные
		20–35	Тёплые
		35–42	Горячие
		> 42	Очень горячие

*) содержание I и Br из расчёта на минерализацию воды 10 г/л;

**) к радоновым могут быть отнесены воды с содержанием Rn 3–5 нКи/л, если они обладают достаточным дебитом и температурой, позволяющими использовать их в проточных ваннах (бассейнах).

Контроль качества воды и её *безопасность в эпидемиологическом отношении* ведутся по нормам ГОСТ 13273-88 [19], ГОСТ 18963-73 [27], МУК 4.2.671-97 [70]. Основными показателями являются:

- КМАФ и М (количество мезофильных анаэробно-факультативных и анаэробных микроорганизмов в КОЕ/см³), не более 100;
- БГКП (бактерии группы кишечной палочки или коли-титр) –
- 1 палочка в 333 см³;
- патогенные коли-формы – 100;
- наличие синегнойной палочки не допускается в 100 см³.

Современными нормативными документами [19, 28, 69] определены также *требования к органолептическим показателям* минеральных вод. По внешнему виду вода должна быть прозрачной и без посторонних включений, но допускается незначительный естественный осадок минеральных солей. По цвету она либо бесцветная, либо с оттенком от желтоватого до зеленоватого цвета. В минеральных водах допускаются вкус и запах, которые характерны для комплекса растворённых в воде веществ.

При классификации и систематизации минеральных вод обычно используются несколько показателей в совокупности и наиболее важные признаки минеральных вод.

Основными таксономическими единицами при разделении минеральных вод являются: вид, группа, классы и подклассы минеральных вод. В составе каждой группы выделено обычно несколько характерных типов, объединяющих воды близкого ионного состава и минерализации, обозначаемых по названиям наиболее известных вод [85, 19]. Классы и подклассы вод обособляются в пределах отдельной группы по соотношению основных компонентов ионно-солевого состава и характеризуют гидрохимический тип минеральной воды.

Минеральные воды делятся на 10 бальнеологических групп:

- 1) минеральные воды, действие которых определяется ионным составом;
- 2) углекислые воды;
- 3) сероводородные воды;
- 4) железистые воды;
- 5) бромные, йодные и йодобромные;
- 6) кремнистые термальные;
- 7) воды, содержащие мышьяк;
- 8) радоновые;
- 9) воды, содержащие бор;
- 10) воды, обогащённые органическим веществом.

2.2. Требования к качеству вод хозяйственно-питьевого назначения

Хозяйственно-питьевая вода должна быть безвредна для здоровья человека, иметь хорошие органолептические показатели и быть пригодной для использования в быту. *Качество хозяйственно-питьевой воды* регламентировано ГОСТ 2874-88 «Вода питьевая» [32], гигиеническими нормативами ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями на 28.09.2007 г. [12].

Нормативы ГН распространяются на воду подземных и поверхностных водоисточников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурно-бытового водопользования, а также питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения. Нормативы могут использоваться также как один из гигиенических критериев безопасности морского водопользования населения.

Таблица 23

Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого назначения

№	Показатель	ГН 2.1.5.1315-03			ГОСТ 2874-88
		Величина ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	Величина ПДК, мг/л
1	Алюминий, Al	0,2 (0,5)*	Орг., мут.	2	0,5
2	NH ₃ и NH ₄ ⁺ (по N)	1,5	Орг., зап.	4	–
3	Барий, Ba	0,7	С-т	2	–
4	Бериллий, Be	0,0002 ^(B)	С-т	1	0,0002
5	Бор, B	0,2	С-т	2	–
6	Бром, Br	0,2	С-т	2	–
7	Ванадий, V	0,1	С-т	3	–
8	Висмут, Bi	0,1 ^(B)	С-т	2	–
9	Вольфрам, W	0,05	С-т	2	–
10	Железо, Fe (по Fe)	0,3; (1)*	Орг, окр.	3	0,3
11	Йод, I ₂	0,125	С-т	2	–
12	Кадмий, Cd	0,001 ^(B)	С-т	2	–
13	Кобальт, Co	0,1	С-т	2	–
14	Литий, Li	0,03	Общ.	4	–
15	Магний, Mg	50	Орг, привк.	3	
16	Марганец, Mn	0,1	Орг, окр.	3	0,1
17	Медь, Cu				1,0
18	Молибден, Mo				0,5
19	Мышьяк, As	0,01	С-т	1	0,05
20	Натрий, Na	200	С-т	2	–
21	Нефть	0,3	Орг., пл.	4	–

Продолжение табл. 23

№	Показатель	ГН 2.1.5.1315-03			ГОСТ 2874-88
		Величина ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	Величина ПДК, мг/л
22	Нефть многосернистая	0,1	Орг., пл.	4	—
23	Никель, Ni	0,02	С-т	2	—
24	Ниобий, Nb	0,01 ^(в)	С-т	2	—
25	Нитраты по NO ₃ ⁻	45	С-т	3	45
26	Нитриты по NO ₂ ⁻	3,3	С-т	2	—
27	Полифосфаты, PO ₄ ³⁻	3,5	Орг.	3	3,5
28	Триполифосфат по PO ₄ ³⁻				3,5
29	Тринатрий фосфат	3,5	Общ.	4	—
30	Натрий метафосфат	3,5	Общ.	4	
30	Гексаметафосфат				3,5
31	Полиакриламид				2
32	Радий-226, Ra-226				1,2·10 ⁻¹⁰ Кю/л
33	Роданиды, CNS ⁻	0,1	С-т	2	—
34	Ртуть, Hg	0,0005 ^(в)	С-т	1	—
35	Рубидий хлорид, RbCl	0,1	С-т	2	—
36	Свинец, Pb	0,01	С-т	2	0,1
37	Селен, Se	0,01 ^(в)	С-т	2	0,001
38	Серебро, Ag	0,05 ^(в)	С-т	2	—
39	Стронций, Sr	7	С-т	2	7
40	Стронций-90, Sr-90				4·10 ⁻¹⁰ Кю/л
40	Сульфаты по SO ₄ ²⁻	500	Орг., привк.	4	500
41	Сурьма, Sb	0,005	С-т	2	—
42	Таллий, Tl	0,0001 ^(в)	С-т	1	—
43	Теллур, Te	0,01 ^(в)	С-т	2	—
44	Титан, Ti	0,1 ^(в)	Общ.	3	—
45	Фтор для клим. р-нов I-II	1,5 ^(д)	С-т	2	0,7–1,5
46	Фтор для клим. р-на III	1,2	С-т	2	
47	Фтор для клим. р-на IV	0,7	С-т	2	
48	Хлор, Cl ₂	Отсут.	Общ.	3	—
49	Хлориды (по Cl ⁻)	350	Орг., привк.	4	350
50	Хлорэтилртуть	0,0001	С-т	1	—
51	Хром, Cr ⁶⁺	0,05	С-т	3	—
52	Цинк, Zn	1	Общ.	3	5
53	рН, ед. рН				6,5–8,5
54	Общая жёсткость, мг-экв/л				7
55	Сухой остаток				1000
56	Остаточный алюминий				0,5
57	Мутность				1,5

№	Показатель	ГН 2.1.5.1315-03			ГОСТ 2874-88
		Величина ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	Величина ПДК, мг/л
58	Цветность, градус цв.				20
59	Запах при 20 °С, балл				2
60	Привкус при 20 °С, балл				2
61	Число микро-организмов в 1 мл				Не более 100
62	Коли-индекс				Не более 3

Примечания:

Огр. – органолептический признак вредности;

С-т. – санитарно-токсикологический признак вредности;

Общ. – обще санитарный признак вредности;

(в – ; (д – см. [12].

Примечания по ГОСТ 2874-88:

1. Для водопроводов, подающих воду без специальной обработки по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, допускается сухой остаток до 1500 мг/л; общая жёсткость до 10 мг-экв/л; железо до 1 мг/л; марганец до 0,5 мг/л.
2. Сумма концентраций хлоридов и сульфатов, выраженных в долях предельно допустимых концентраций каждого из этих веществ в отдельности, не должна быть более 1.
3. По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы допускается увеличение цветности воды до 35 градусов цветности; мутности (в паводковый период) до 2 мг/л.
4. Коли-индекс – число бактерий группы кишечных палочек в 1 л.
5. При обнаружении в воде химических веществ с одинаковым признаком вредности (органолептическому, санитарно-токсикологическому, радиационной безопасности) сумма отношений обнаруженных концентраций компонентов в воде к их ПДК не должна быть более 1.

2.3. Требования к качеству вод для рекреационных целей

Для рекреационных целей используются, как правило, поверхностные воды. По качеству поверхностные воды для рекреационных целей относят к водам *второй категории водопользования*, в отличие от вод *первой категории* водопользования, используемых как источники питьевого, хозяйственно-бытового водопользования, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности.

Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, изложены в СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [99] и распространяются не только на водные объекты или их участки для рекреационного водо-

пользования, но также на все участки водных объектов, находящиеся в черте населённых мест.

Таблица 24

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов
в контрольных створах питьевого, хозяйственно-бытового
и рекреационного водопользования [99]

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Категории водопользования	
	1-ая категория	2-ая категория
	Для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для купания, спорта и отдыха населения, а также водоёмы в черте населённых мест
Взвешенные вещества*	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться больше, чем на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	Для водоёмов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/сек для проточных водоёмов и более 0,2 мм/сек для водохранилищ к спуску запрещаются.	
Плавающие примеси (вещества)	На поверхности водоёма не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и скопление других примесей.	
Запахи	Вода не должна приобретать несвойственных ей запахов интенсивностью более 1 балла, обнаруживаемых: непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	Непосредственно
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	
	20 см	10 см
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5– 8,5	
Минеральный состав	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/дм ³ , в том числе хлоридов 350 мг/дм ³ , сульфатов 500 мг/дм ³ .	

Продолжение табл. 24

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Категории водопользования	
	1-ая категория	1-ая категория
	Для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для купания, спорта и отдыха населения, а также водоёмы в черте населённых мест
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг O ₂ /дм ³ в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня	
БПК полное	Не должно превышать при 20 °С:	
	3,0 мг O ₂ /дм ³	6,0 мг O ₂ /дм ³
ХПК	Не должно превышать:	
	15 мг O ₂ /дм ³	30 мг O ₂ /дм ³
Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний	
Лактоположительные кишечные палочки (ЛКП)	Не более 10 000 в дм ³ **	Не более 5 000 в дм ³ **
Колифаги (в бляшко-образующих единицах)	Не более 100 в дм ³ **	
Жизнеспособные яйца гельминтов, онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Не должны содержаться в 1 дм ³	
Химические вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	

Примечания:

* Содержание в воде взвешенных антропогенных веществ (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при очистке сточных вод, частицы асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и др.) регламентируется в соответствии с п. 2.4 и п. 4.4 СанПиН № 4630-88.

** Не распространяется на источники децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

2.4. Требования к качеству вод для животных и рыб

Показатели и их нормативы для водопоя животных и для обитания рыб существенно отличаются от питьевых вод для человека, что связано с биологией организма человека, животных и рыб.

2.4.1. Требования к качеству воды для водопоя животных [73, 1]

Вода, используемая для поения скота и приготовления кормов, должна удовлетворять требованиям, что и вода, используемая людьми. Если это требование невозможно выполнить, то водопой зверей и птиц водой не питьевого качества в каждом конкретном случае должен быть согласован с органами ветеринарного надзора.

Пределы содержания сухого остатка, хлоридов и сульфатов в питьевой воде для различного вида животных представлены в табл. 25.

Наибольшая допустимая жёсткость воды для крупного рогатого скота, лошадей и свиней 15–18 ммоль/л, для овец и коз 30–45 ммоль/л. Верхний предел относится к взрослым животным, нижний – к молодняку.

Таблица 25

Допустимая концентрация вредных веществ в воде при поении скота и приготовлении кормов, г/л [73, 1]

Вид животного	Сухой остаток	Хлориды	Сульфаты
Крупный рогатый скот	1,0–2,48	0,4–0,6	0,6–0,8
Лошади и свиньи	1,0–1,2	0,35–0,40	0,5–0,6
Овцы и козы	3,0–5,0	1,5–2,0	1,7–2,4

Потребление холодной воды для поения скота снижает темпы прироста веса молодняка, увеличивает расход кормов, особенно в зимний период. Допускается использование воды для водопоя животных с повышенной цветностью, с привкусом и запахом, при ее температуре 8–15°C. Нормы качества воды принимают адекватно виду и возрасту животных.

2.4.2. Требования к качеству воды для рыборазведения

При оценке качества поверхностной воды для обитания и развития промысловых рыб и промысловых водных организмов, используются **рыбохозяйственные показатели качества воды**.

Пример 1. Критерий качества воды для рыборазведения в «Перечне...» [80] представлен комплексом из 47-и показателей химических и органолептических.

Значения предельно допустимых концентраций компонентов в водах рыбохозяйственных водоемов ($ПДК_p$) приведены в табл. 26, колонка 5, [80].

Таблица 26

$ПДК_p$ в сравнении с ($ПДК_n$), и кларковыми содержаниями компонентов в водах зоны гипергенеза ($K_{г.г.}$), в речных водах ($K_{р.в.}$), в морских водах ($K_{м.в.}$) [94, 80, 114]

№ п/п	Компонент, разменность	$ПДК_n$	$ПДК_p$	$K_{г.г.}$	$K_{р.в.}$	$K_{м.в.}$
1	2	3	4	5	6	7
1	pH, ед. pH	6–9	6,5–8,5	6,9	–	8,2
2	HCO_3^- , мг/л	–	–	187	58,4 [*] ; 52 ^{**}	488
3	$\text{CO}_2(\text{св.})$, мг/л	–	–	26,6	–	–
4	SO_4^{2-} , мг/л	500	100; (3500 ^{**})	76,7	11,2 [*] ; 8,25 ^{**}	2712
5	Cl^- , мг/л	350	300; (11900 ^{**})	59,7	7,8 [*] ; 5,75 ^{**}	19400
6	$\mathcal{K}$, Моль-э/л	7	–	–	–	–
7	Ca^{2+} , мг/л	–	180; (610 ^{**})	39,2	15 [*] ; 13,4 ^{**}	411
8	Mg^{2+} , мг/л	–	40; (940 ^{**})	18,2	4,1 [*] ; 3,35 ^{**}	1290
9	П.ок., мгО/л	5	–	–	–	–
10	NO_3^- , мг/л	45	40	2,40	1 [*] ; 0,44 ^{**}	–
11	NO_2^- , мг/л	3	0,08	0,19	0,03 ^{**}	–
12	NH_4^+ , мг/л	2 по N	0,5; (2,9 ^{**})	0,59	0,02 ^{**}	–
13	PO_4^{3-} по P, мг/л	3,5	2 0,05 реки олиг.; 0,15 оз. мезотроф. 0,2 болота эвтроф.	–	–	–
14	$\text{P}_{\text{элемент.}}$, мкг/л	0,1	–	58	20 [*] ; 10 ^{**}	88
15	В-ионы, мг/л		0,5; (10 ^{**})			
16	$\text{B}_{\text{сумм.}}$, мкг/л	50		77,9	10 [*]	4450
17	SiO_2 , мг/л	10 по Si	–	17,9	13,1 [*] ; 10,4 ^{**}	6,2
18	$\text{Fe}_{\text{общ.}}$, мкг/л	300	100; (50 ^{**})	481	670 [*] ; 40 ^{**}	3,4
19	І-ионы, мкг/л	–	80; (200 ^{**}) в доп. к ест. содержанию	8,02	7 [*]	64
20	Br –ионы, мкг/л	200	1350; (12000 ^{**}) в доп. к ест. сод-ю	85,2	20 [*]	67300
21	F^- , мг/л	1,5 (І–ІІ); 1,2 (ІІІ)	0,05 в дополнение к ест. содержанию, но не выше 0,75	0,48	0,1 [*] ; 0,1 ^{**}	1,3
22	Li, мкг/л	30	0,7	13	3 [*]	170
23	Na, мг/л	200	120; (7100 ^{**})	67,6	6,3 [*] ; 5,15 ^{**}	10800
24	K, мг/л	–	50; 10 при M = 100 мг/л; (390 ^{**})	5,15	2,3 [*] ; 1,3 ^{**}	392
25	Rb, мкг/л	100	100	1,86	1 [*]	120

Продолжение табл. 26

№ п/п	Компонент, разменность	$ПДК_n$	$ПДК_p$	$K_{z.z}$	$K_{p.v.}$	$K_{m.v.}$
1	2	3	4	5	6	7
26	Sr, мкг/л	7000	Исслед; ($10 \cdot 10^3^{**}$)	183	50^* ; 60^{**}	8100
27	Al, мкг/л	500	40	226	400^* ; 50^{**}	1,0
28	Hg, мкг/л	0,5	Отсутствие (0,01)	0,041	$0,07^*$	0,15
29	Zn, мкг/л	5000	10 ; (50^{**})	41,4	20^*	5,0
30	Cd, мкг/л	1	5 ; (10^{**})	0,24	—	0,11
31	Pb, мкг/л	30	100 ; (10^{**})	2,97	3^*	0,03
32	Cu, мкг/л	1000	1 ; (5^{**})	5,58	7^*	0,9
33	As, мкг/л	50	50 ; (10^{**})	1,46	2^*	2,6
34	Bi, мкг/л	100	—	—	—	—
35	Ag, мкг/л	50	—	0,26	$0,3^*$	0,28
36	Ni, мкг/л	100	10	3,58	$0,3^*$	6,6
37	Co, мкг/л	100	10 ; (5^{**})	0,39	$0,2^*$	0,39
38	Ti, мкг/л	—	—	17,4	3^* ; 10^{**}	1,0
39	Cr общ., мкг/л	—	—	3,03	1^*	0,2
40	Cr (6), мкг/л	50	20	—	—	—
41	Cr(3), мкг/л	500	70	—	—	—
42	V, мкг/л	100	1	1,34	$0,9^*$	1,9
43	Sn, мкг/л	—	—	3,9	$0,5^*$	0,81
44	Mo, мкг/л	250	1,2	1,75	1^*	10
45	Be, мкг/л	0,2	0,3	0,19	—	$6 \cdot 10^{-4}$
46	Ba, мкг/л	100	740 ; ($2 \cdot 10^3^{**}$)	18,3	10^*	21
47	Zr, мкг/л	—	70	1,2	—	$2,6 \cdot 10^{-2}$
48	Mn, мкг/л	100	10 ; (50^{**})	54,5	8,2	0,4
49	W, мкг/л	50	0,8	—	—	—
50	Sb, мкг/л	50	—	0,68	1^*	0,33
51	Au, мкг/л	—	—	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}^*$	$11 \cdot 10^{-3}$
52	Se, мкг/л	10	1,6	0,72	$0,2^*$	0,09
53	Sc, мкг/л	—	—	0,07	$0,004^*$	<0,004
54	Cs, мкг/л	—	1000	0,26	$0,02^*$	0,3
55	La, мкг/л	—	—	0,67	$0,2^*$	0,0034
56	Sm, мкг/л	24	—	—	—	—
57	Th, мкг/л	—	—	0,24	$0,1^*$	$4 \cdot 10^{-4}$
58	U, мкг/л	—	—	1,31	$0,04^*$	3,3
59	Tl, мкг/л	0,1	—	—	—	—
60	Te, мкг/л	10	2,8	—	—	—
61	Nb, мкг/л	10	—	0,45	—	0,015
62	Ga, мкг/л	—	—	0,37	$0,09^*$	0,03
63	с.о., мг/л	1000	—	—	—	—

№ п/п	Компонент, разменность	$ПДК_n$	$ПДК_p$	$K_{z.z}$	$K_{p.v.}$	$K_{m.v.}$
1	2	3	4	5	6	7
64	S^{2-} , мг/л	0,003	0,005; 0,0005 для ол. вод.	—	—	—
65	Фенол, мг/л	0,25	0,001	—	—	—
66	Нефтепродукты, мг/л	0,1	0,05; (0,05 ^{**})	—	—	—
67	C_6H_6 , мг/л		0,5			

Примечания: $ПДК_p$ (**) – для морских водоёмов; $K_{p.v.}^*$ – по данным Livingston (1963), Turekian (1969); $K_{p.v.}^{**}$ – по данным Martin (1979), Meybeck (1982).

Для рыбохозяйственных водоёмов большое значение имеет содержание в нём кислорода. Растворимость, следовательно, и содержание кислорода зависит от температуры воды. При 0 °С нормальное содержание кислорода в пресной воде составляет 14,7 мг O_2 /л (100 %-ное насыщение).

С повышением температуры на 1 °С содержание кислорода снижается примерно на 0,3 мг/л. Следовательно, зная температуру воды, можно получить приближённое представление о содержании в ней кислорода по формуле

$$O_{2, в} = 14,7 - 0,3 T, \quad (4)$$

где $O_{2, в}$ – содержание O_2 в водоёме при данной температуре, мг/л;
14,7 – содержание кислорода при 0 °С; T – температура воды, °С.

Таблица 27

Содержание кислорода в воде, вызывающее угнетение дыхания
и гибель рыб (по Т.И. Привольневу)

Рыбы	Содержание кислорода, мг O_2 /л	
	Угнетение дыхания	Гибель
Стерлядь	7–7,5	3,5
Нельма	6–7	4–4,5
Муксун	4,5–5	1,5–2,0
Пелядь	3,5–4,0	1,0–1,5
Форель ручьевая	—	1,1–1,5
Форель радужная	2,4–3,7	0,3–1,2
Лещ	2,0–2,5	0,4–0,5
Судак	1,5–2,0	0,5–0,8
Окунь	2,0–3,0	0,2–0,6
Язь	3,0–4,0	0,5
Плотва	2,–3,0	0,7
Щука	2,0–3,0	0,3–0,6
Карп	1,5–2,0	0,2–0,3
Карась	1,5–2,0	0,2–0,3
Белый амур	0,59–0,74	0,44
Пёстрый толстолобик	0,56	0,33

Таблица 28

Требования к качеству воды, поступающей в карповые и форелевые хозяйства (ОСТ 75–282–83)

Показатель	Хозяйства	
	карповые	форелевые
1	2	3
Температура, °С	Источник воды не должен иметь отклонения более 5 °С по отношению к температуре пруда. Максимальная температура не должна превышать 28 °С	Также отклонения не более 5 °С. Максимальная температура не должна превышать 20 °С
Цвет, запах, вкус	Вода должна быть прозрачной, без постороннего запаха, вкуса и не менять качества мяса рыбы	Вода не должна иметь постороннего цвета, запаха, вкуса и давать их мясу рыб
Цветность, (градусы)	Меньше до 50	Меньше 30
Прозрачность, м	Не менее 0,75–1,0	Не менее 1,5
Взвеси веществ, г/м ³	До 25,0	До 10,0
РН, ед. рН	6,5–8,5	7,0–8,0
Раств-ный кислород, г/м ³	Не менее 5	Не менее 9
Свободная углекислота, CO ₂ св., г/м ³	До 25	До 10,0
Сероводород	Отсутствие	Отсутствие
Свободный аммиак, гN/м ³	Сотые доли	Сотые доли
Перманганатная окисляемость, г O ₂ /м ³	До 15,0	До 10,0
Окисляемость бихроматная, г O ₂ /м ³	50,0	30,0
БПК ₅ , г O ₂ /м ³	3,0	2,0
БПК _{полное} , г O ₂ /м ³	4,5	3,0
Азот аммонийный, г N/м ³	1,5	1,0
Нитриты, гN/м ³	0,05	До сотых долей
Нитраты, гN/м ³	До 2,0	До 2,0
Фосфаты, гP/м ³	До 0,5	До 0,5
Железо общее, гFe/м ³	До 2,0	До 0,5
Fe ²⁺ , гFe/м ³	Не более 0,2	Не более 0,1
Щёлочность, мг-экв/дм ³	1,8–3,5	1,5–2,0
Минерализация, мг/дм ³	1000	1000

Примечания:

1. При рН 7,0–7,5 содержание аммонийного азота допускается до 2,5 мг/л, при рН 7,6–8,0 – до 1,5 мг/л.
2. Допустимое повышение минерализации воды для сеголетков форели до 5000 мг/л.
3. Для карповых хозяйств, размещённых на северо-западе, допускается повышение цветности до 80 градусов цветности; перманганатной окисляемости – до 25 мгO₂/л; рН – до 6,8–8,0.
4. Для форелевых хозяйств северо-западных районов, размещённых на торфяных грунтах, допустимо повышение цветности до 100 градусов цветности, рН – до 6,0–8,5, перманганатной окисляемости – до 30 мг O₂/л.

2.5. Требования к качеству вод для орошения

Требования к качеству оросительной воды определяются многими факторами: проницаемостью почвы (ее дренированностью), глубиной залегания уровня грунтовых вод и их минерализацией, соотношением и составом разнообразных солей, содержащихся в самой оросительной воде, а также в зависимости от сельскохозяйственных культур, климата района, норм, сроков и способа орошения.

ГОСТ 17.1.2.03-90 «Критерии и показатели качества воды для орошения» [22] устанавливает *единые критерии оценки и номенклатуру показателей качества воды для орошения*.

1. Для обеспечения комплексной оценки качества воды для орошения следует учитывать агрономические, технические и экологические критерии (табл. 29, 30):

1.1. *Агрономические критерии* должны определять качество воды для орошения по её воздействию на:

1) урожайность сельскохозяйственных культур по валовому сбору и интенсивности развития;

2) качество сельскохозяйственной продукции, в особенности на формирование её полноценности, доброкачественности и сохранности;

3) почвы – с целью сохранения и повышения плодородия и предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения биологического режима.

1.2. *Технические критерии* должны определять качество воды для орошения по воздействию на сохранность и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем и их составных частей.

1.3. *Экологические критерии* должны определять качество воды для орошения с учётом необходимости обеспечения безопасной санитарно-гигиенической обстановки на данной территории и охраны окружающей среды.

2. Номенклатура показателей должна обеспечивать комплексную оценку качества воды для орошения с достаточной полнотой по всем трём критериям, исходя из необходимости высокоэффективного и стабильного функционирования агроэкосистемы, получения максимально возможного количества сельскохозяйственной продукции требуемого качества и охраны окружающей среды.

3. Показатели качества воды для орошения следует подразделять на две группы, табл. 29, 30:

1) показатели первой группы (табл.29) характеризуют свойства воды для орошения и содержание веществ, необходимых в определённых количествах для нормального функционирования агроэкосистемы;

2) показатели второй группы (табл. 30) отражают свойства воды для орошения и содержание веществ, оказывающих при определённых условиях отрицательное воздействие на отдельные компоненты агроэкосистемы.

Вполне определённых норм качества воды для орошения нет. Требования к качеству оросительной воды определяются многими факторами: проницаемостью почвы (ее дренированностью), глубиной залегания уровня грунтовых вод и их минерализацией, соотношением и составом разнообразных солей, содержащихся в самой оросительной воде, а также в зависимости от сельскохозяйственных культур, климата района, норм, сроков и способа орошения.

Таблица 29

Показатели качества оросительной воды *первой* группы

Критерии оценки качества вод		Т, °C	pH ^{*)}	æ, мкСм/см ^{*)}	М, мг/дм ³ *)	Катионы, мг/дм ³					Анионы, мг/дм ³		
						Na ⁺ *)	K ⁺ *)	Ca ²⁺ *)	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺ *)	Cl ^{*)}	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ^{2-*)}
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
II	4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
III	5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 29

Критерии оценки качества вод		Анионы, мг/дм ³				Микроэлементы, мг/дм ³							
		HCO ₃ ^{-*)}	NO ₃ ^{*)}	NO ₂ ^{-*)}	PO ₄ ^{3-*)}	Mn ^{*)}	Fe ^{*)}	Cu ^{*)}	B ^{*)}	F	Co ^{*)}	Zn ^{*)}	Mo
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
II	4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
III	5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 30

Показатели качества оросительной воды *второй* группы

Критерии оценки качества вод		Патогенные микро- организмы ^{*)}	Колииндекс, кол-во бактер. в 1 дм ³ *)	Численность гел- минтов	Взв в-ва, мг/дм ³	БПК ₅ , мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	Производные нефти, мг/дм ³	Детергенты	Pb, мкг/дм ³ *)	Hg, мкг/дм ³ *)	Cd, мкг/дм ³ *)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	3)	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
II	4)	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
III	5)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
	6)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 30

Критерии оценки качества вод		Se, ³ мкг/дм ³	As, мкг/дм ³	Cr общий, мкг/дм ³ *)	Al, мг/дм ³	Li, мг/дм ³	Be, мкг/дм ³	W, мг/дм ³	Bi, мг/дм ³	Ni, мкг/дм ³	V, мкг/дм ³
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
I	1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
II	4)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
III	5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Окончание таблицы 30

Критерии оценки качества вод		Sr, мг/дм ³	Радиоактивные вещества	Показатели аг- рессивности	Пестициды
		22	23	24	25
I	1)	+	+	-	+
	2)	+	+	-	+
	3)	+	+	-	+
II	4)	-	-	+	+
III	5)	+	+	-	+
	6)	+	+	-	+

Примечания.

Знак «+» означает, что показатель подлежит нормированию,

знак «-» – показатель не подлежит нормированию,

знак «*» – приоритетные показатели качества оросительной воды.

Критерии оценки качества воды:

I – агрономические:

1) сохранение и повышение плодородия почв, в том числе предупреждение процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения биологического режима почв;

2) обеспечение плановой урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе продуктивности и интенсивности развития;

3) обеспечение необходимого качества сельскохозяйственной продукции, в том числе полноценности, доброкачественности, сохранности.

II – технические:

4) обеспечение сохранности и долговечности элементов гидромелиоративных систем, в том числе предупреждение процессов коррозии, зарастания, биообрастания, заиливания.

III – экологические

5) охрана объектов окружающей природной среды, в том числе поверхностных, подземных вод и почв;

6) обеспечение безопасной санитарно-гигиенической обстановки.

2.5.1. Американская классификация оросительных вод [46, С. 148–149; 61]

В обобщенном виде требования к оросительной воде могут быть представлены в виде значений ряда показателей (табл. 31).

Таблица 31

Американская классификация оросительных вод

Отрицательное воздействие воды	Степень воздействия		
	Отсутствие осложнений	Осложнения	Серьезная проблема
I. Засоление			
1. Общее количество растворенных солей в оросительной воде, мг/л	Менее 480	480–1920	Более 1920
2. Понижение водопроницаемости почвы в результате: а) низкого содержания солей, мг/л, в том числе кальция, мг/л б) ^x SAR	более 320 более 20 менее 6	320-0 менее 20 менее 6–9	 более 9
II. Токсическое воздействие от поглощения воды корневой системой			
1. Натрий, ^x SAR	Менее 3	3–9	более 9
2. Хлор			
а) мг-экв/л	Менее 4	4–10	более 10
б) мг/л	Менее 140	140–350	более 350
3. Бор, мг/л	Менее 0,5	0,5–2,0	> 2–10

Отрицательное воздействие воды	Степень воздействия		
	Отсутствие осложнений	Осложнения	Серьезная проблема
III. Токсичность от поглощения воды листьями при поливе дождеванием			
1. Натрий			
а) мг-экв/л	Менее 3	Более 3	-
б) мг/л	Менее 70	Более 70	-
2. Хлор			
а) мг-экв/л	Менее 3	Более 3	-
б) мг/л	Менее 100	Более 100	-
IV. Другие проблемы			
1. Повышенное содержание питательных веществ в воде:			
а) нитрат-азот, мг/л	Менее 5	5–30	более 30
б) бикарбонат, мг/л	Менее 90	90–520	более 520
2. Величина pH	Нормальные ве- личины pH	Пределы pH	Больше и меньше пределов pH

Здесь xSAR – натриево-адсорбционное отношение, характеризующее относительную активность ионов натрия.

Рассчитывается величина xSAR по формуле

$$^xSAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} (1 + (8.4 - pH_c)) , \quad (5)$$

где Na , Ca , Mg – концентрация катионов, мг-экв/л;

pH_c – расчетная величина, учитывающая суммы $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ и $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$,

определяется по формуле (6).

$$pH_c = (PK_2 - PK_0) + P(Ca + Mg) + P AI_k \quad (6)$$

Абсолютные величины слагаемых уравнения (6) берутся из табл. 32:

- величина $(PK_2 - PK_0)$ по сумме $(Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+})$,
- величина $P(Ca + Mg)$ по сумме $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$,
- величина $P AI_k$ по сумме $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$.

Проводится контроль реальных показателей качества оросительной воды с нормативными требованиями к оросительной воде по американской методике оценки качества оросительной воды. Делается вывод о качестве оросительной воды по степени воздействия на засоление почвы, на корневую систему, на листья растений и другие проблемы.

Параметры для расчёта pH_c

Ca+Na+Mg мг-экв/л	PK ₂ -PK ₀	Ca+Mg, мг-кв/л	P(Ca+Mg)	CO ₃ +HCO ₃ , мг-экв/л	P Al _k
1	2	3	4	5	6
0,5	2,11	0,05	4,60	0,05	4,30
0,7	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,9	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,2	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,6	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,9	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,4	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,8	2,18	0,50	3,60	0,50	3,30
3,3	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,9	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,5	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,1	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,8	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,6	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,4	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,3	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,2	2,27	3,90	2,70	4,00	2,40
11,0	2,28	4,97	2,60	5,00	2,30
13,0	2,30	6,30	2,50	6,30	2,20
15,0	2,32	7,90	2,40	7,90	2,10
18,0	2,34	10,0	2,30	9,90	2,00
22,0	2,36	12,50	2,20	12,50	1,90
25,0	2,38	15,80	2,10	15,70	1,80
29,0	2,40	19,80	2,00	19,80	1,70
34,0	2,42				
39,0	2,44				
45,0	2,46				
51,0	2,48				
59,0	2,50				
67,0	2,52				
76, 0	2,54				

2.5.2. Российская классификация оросительных вод [81, С. 92; 106; 10]

Критерием качества воды является величина эмпирического ирригационного коэффициента (A). Формула расчёта величины (A) зависит от соотношения натрия, хлора и сульфатов в оросительной воде.

Качество оросительной воды дано словами «хорошее», «удовлетворительное», «неудовлетворительное», «плохое» в соответствии с величиной (A) – норматива качества оросительной воды по российской методике.

Концентрация компонентов вод переводится из размерности мг/л в размерность мг-экв/л.

По соотношениям п.1 – п.3 выбирается формула для расчёта A .

П.1. при $rNa^+ < rCl^-$, когда весь натрий соединен с хлором,

$$A = \frac{288}{5rCl} ; \quad (7)$$

П.2. при $rCl^- < rNa^+ < (rCl^- + rSO_4^{2-})$, когда натрий соединен с хлором и сульфат-ионом,

$$A = \frac{288}{rNa + 4rCl} ; \quad (8)$$

П.3. при $rNa^+ > (rCl^- + rSO_4^{2-})$, когда в растворе появляются гидрокарбонаты и карбонаты натрия,

$$A = \frac{288}{10rNa - 5rCl - 9rSO_4} ; \quad (9)$$

где A – ирригационный коэффициент; 288 – безразмерный эмпирический коэффициент; rNa^+ , rCl^- и rSO_4^{2-} – концентрация натрия, хлора и сульфат-иона, мг-экв/л.

В зависимости от значения ирригационного коэффициента (A) качество воды оценивается по таблице 33.

Таблица 33

Оценка пригодности воды для орошения
по ирригационному коэффициенту A

Ирригацион-ный коэффициент	Качество воды	Степень пригодности воды	Предупредительные меры
Более 18	Хорошее	Вода пригодна для орошения	Не нужны
18–6	Удовлетворительное	Вода пригодна для орошения после предварительной обработки её или почвы	Необходимы меры для устранения образования в почвах щелочей
6–1,2	Неудовлетворительное	Можно применять воду для орошения лишь после глубокой предварительной обработки её	Искусственный дренаж профилактика почв
Менее 1,2	Плохое	Вода не пригодна для орошения	

Проводят контроль соответствия *показателей* исследуемой воды pH и температуре *нормативам* pH и температуры оросительной воды для каждой сельскохозяйственной культуры воды.

При соответствии показателей качества исследуемой воды нормативам качества воды для орошения делается вывод: «качество воды пригодно для орошения данной культуры». При не соответствии величин показателей качества исследуемой воды нормативам качества воды для орошения делается вывод: «качество воды непригодно для орошения данной культуры».

Интервалы pH оросительной воды с учетом чувствительности сельскохозяйственных культур к кислотно-щелочным свойствам почв представлены табл. 34.

Таблица 34

Величины pH оросительной воды
для различных сельскохозяйственных культур

Культура	Интервалы pH, благоприятные для роста	Культура	Интервалы pH, благоприятные для роста
Люцерна	7,2–8,0	Подсолнечник	6,0–6,8
Сахарная свекла	7,0–7,5	Хлопчатник	6,5–7,3
Конопля	6,7–7,4	Просо	5,5–7,5
Капуста	7,0–7,4	Рожь	5,0–7,7
Огурцы	6,4–7,5	Овес	5,0–7,5
Лук	6,4–7,5	Гречиха	4,7–7,5
Ячмень	6,0–7,5	Редис	5,0–7,3
Озимая пшеница	6,3–7,5	Морковь	5,6–7,0
Яровая пшеница	6,0–7,3	Помидоры	5,0–6,0
Кукуруза	6,0–7,5	Лен	6,6–6,5
Соя	6,5–7,5	Картофель	4,5–6,3
Горох	6,0–7,0	Чайный куст	4,0–6,0
Кормовые бобы	6,0–7,0	Люпин	4,6–6,0
Фасоль	6,4–7,1	Брюква	4,8–5,5
Клевер	6,0–7,0	Тимофеевка	4,5–7,6
Салат	6,0–7,0		

Низкая температура, обычная для подземных вод, задерживает рост растений. Поэтому подземные воды перед орошением обычно собирают в особые бассейны – водохранилища, где вода постепенно нагревается под воздействием солнца и теплого воздуха.

Требования к температуре оросительной воды с учетом чувствительности растений к теплу представлены табл. 35.

Таблица 35

Температура оросительной воды для сельскохозяйственных культур

Культуры	Температура, °С			
	прорастания семян		появление всходов	
	Минимальная	Оптимальная	Минимальная	Оптимальная
Конопля, горчица, клевер, люцерна	0–1	–	2–3	–
Рожь, пшеница, ячмень, овес, рапс, вика, тимо- феевка, горох, чечевица, чина	1–2	25–30	4–5	6–12
Лен, гречиха, люпин, бобы, свекла	3–4	25–30	6–7	–
Подсолнечник, картофель	5–6	31–37	8–9	–
Кукуруза, просо, соя, суданская трава	8–10	37–45	10–11	15–18
Фасоль, сорго, клещевина	10–12	–	12–13	–
Хлопчатник, рис, арахис, кунжут	12–14	37–45	14–15	13–22

2.6. Требования к качеству вод промышленного назначения

Вода для технологических нужд промышленности в зависимости от ее целевого использования должна отвечать самым разнообразным требованиям, которые утверждены [48] либо Государственным стандартом (ГОСТ), либо отраслевым стандартом (ОСТ), либо стандартом предприятия (СП); или требованиям технологических инструкций (ТИ), технологических рекомендаций (ТР), строительных нормы правила (СН и П) и др.

2.6.1. Требования к качеству воды, используемой в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности**2.6.1.1. Требования к качеству воды для заводнения нефтяных пластов при нефтедобыче**

Вода для заводнения нефтяных пластов [78] не должна вызывать зарастание или закупорку отверстий фильтров скважин и не должна колюматировать поры вмещающей нефть породы в результате образования нерастворимых соединений при взаимодействии с пластовой водой и частицами породы, а также при изменении температуры. Поэтому в закачиваемой воде должно содержаться не более 0,2 мг/л железа, 1 мг/л взвешенных веществ, 1 мг/л нефтепродуктов и др. *Бикарбонаты* в закачиваемой воде должны содержаться в минимальной концентрации, так как при их распаде, который происходит при нагреве воды, образуется

осадок карбоната кальция. Аналогичные явления наблюдаются, когда в закачиваемой воде присутствует *растворенный кислород*, который, окисляя железо (II) и сероводород, присутствующие в пластовой воде, способствует коагуляции пор породы. Очевидно, что вопрос о необходимости обескислороживания и декарбонации закачиваемой воды должен решаться индивидуально в зависимости от свойств пластовой воды, пористости призабойных зон и др.

Показатели и нормы качества воды

Водородный показатель (рН). Значение рН должно находиться в пределах от 4,5 до 8,5.

Содержание растворённого кислорода. Содержание растворённого кислорода не должно превышать 0,5 мг/л.

Коррозионная активность. При коррозионной активности воды свыше 0,1 мм/год необходимо предусматривать мероприятия по антикоррозионной защите трубопроводов и оборудования.

Содержание сероводорода. В воде, нагнетаемой в продуктивные коллекторы, пластовые воды которых не содержат сероводород или содержат ионы железа, сероводород должен отсутствовать.

Наличие сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ). Не допускается присутствие СВБ в воде, предназначенной для закачки в пласты, нефть, газ и вода которых не содержат сероводород.

Содержание ионов трёхвалентного железа. При заводнении продуктивных пластов, содержащих сероводород, устанавливать возможность образования сернистого железа, необходимость и мероприятия для удаления ионов трёхвалентного железа из воды.

Таблица 36

Допустимые содержания механических примесей и нефти
в закачиваемой в продуктивный коллектор воде
с целью поддержания пластового давления

Проницаемость пористой породы, мкм ²	Коэффициент относительной трещиноватости коллектора*	Допустимое содержание в воде, мг/л	
		механических примесей	нефти
до 0,1 вкл. свыше 0,1**	— —	до 3 до 5	до 5 до 10
до 0,35 вкл. свыше 0,35	от 6,5 до 2 вкл. менее 2	до 15 до 30	до 15 до 30
до 0,6 вкл. свыше 0,6	от 35 до 3,6 вкл. менее 3,6	до 40 до 50	до 40 до 50

Примечание.

* Коэффициент относительной трещиноватости коллектора определяется в соответствии РДС 39-01-041-81 «Методика прогнозного определения норм качества сточных вод для внутриконтурного заводнения нефтяных месторождений платформенного типа. Содержание механических примесей и нефти в сточной воде».

** При закачке воды в поровые коллекторы проницаемостью свыше $0,1 \text{ мкм}^2$ должно быть 90 % частиц не крупнее 5 мкм;

при закачке воды в поровые коллекторы проницаемостью до $0,1 \text{ мкм}^2$ – не крупнее 1 мкм.

2.6.1.2. Требования к качеству вод для нефтеперерабатывающей промышленности

В нефтеперерабатывающей промышленности вода используется в виде перегретого пара для получения продукта нефтепереработки и для охлаждения.

Вода для охлаждения применяется либо для охлаждения непрерывно работающих агрегатов, либо для отведения теплоты с производственных продуктов (табл. 37).

Таблица 37

Нормативные требования к качеству воды, используемой
предприятиями нефтяной промышленности [111, с. 125]

Показатели	Вода для охлаждения оборудования и продукта (без соприкосновения с ним), имеющая температуру, °С		
	до 80	до 400	Выше 400 (с огневым обогревом)
1	2	3	4
Температура, °С	До 28	До 40	До 45
Взвешенные вещества, мг/л	До 30	До 30	До 30
Эфирорастворимые, мг/л	До 20	До 20	До 20
Запах, балл	До 3	До 3	До 3
рН, ед. рН	7–8,5	7–8,5	7–8,5
Ж.общая, мг-экв/л	До 15	До 7	До 5
Ж. Карбонатная, мг-экв/л	До 2,5	До 2	До 1,5
Щёлочность общая, мг-экв/л	3,5–4	3–3,5	2–2,5
Сухой остаток, мг/л	До 2000	До 1300	До 800
Cl ⁻ , мг/л	350	250	150
SO ₄ ²⁻ , мг/л	500	350	250
Fe _{общ.} , мг/л	0,5–4	0,5–4	0,5–4
Окисляемость перм., мг O ₂ /л	До 15	До 15	До 15
БПК _{полн.} , мг O ₂ /л	До 20	До 20	До 20
Фосфор (в пересчёте на P ₂ O ₅), мг/л	0,5	1,5	2

Использование воды при охлаждении может быть прямотоком, т. е. после однократного применения производится ее сброс в водоем, или с ее возвратом и многократным применением. Во втором случае нагретая вода охлаждается в градирне или в брызгательном бассейне и вновь используется производстве. Как правило, качество охлаждающей воды не нормируется, так как оно зависит от условий применения, но очевидно, что охлаждающая вода не должна давать отложений в трубах и аппаратах, по которым она подается, так как они затрудняют теплопередачу и сокращают живое сечение, снижая интенсивность циркуляции и эффект охлаждения. Вода, используемая для охлаждения, не должна содержать крупных минеральных взвешенных веществ, большего количества железа и органических веществ во избежание засорения или биообращения трубок холодильных аппаратов и конденсаторов. В оборотных системах при нагреве воды теряется углекислота и возрастает вероятность накипеобразования. Этот процесс усиливается с повышением содержания в исходной воде бикарбоната кальция, с интенсивностью испарения воды в системе, увеличением потери углекислоты, с уменьшением содержания охлаждающей воде органических веществ, которые препятствуют выпадению в осадок карбоната кальция, с повышением температуры нагрева охлаждающей воды и т. п.

Следовательно, качество воды, применяемой для охлаждения, при котором не происходит в холодильных аппаратах зарастания живого сечения труб и не возникает коррозия, должно определяться для конкретных условий специальным расчетом с учетом всех приведенных выше факторов.

2.6.2. Требования к качеству вод, используемых при строительстве

2.6.2.1. Требования к качеству вод для бетонных конструкций

Качество воды для приготовления бетонных смесей и строительных растворов, а также для поливки твердеющего бетона и промывки заполнителей должно удовлетворять требованиям ГОСТ 23732-79, группа Ж 10 [29]. Показатели качества воды и их нормативы представлены в таблицах 38, 39.

Таблица 38

Общие технические требования к воде для бетонов и растворов

Показатель	Содержание
Водородный показатель воды (рН), ед. рН	Не менее 4 и не более 12
Органические ПАВ, сахара, фенолы, мг/л	Каждого не более 10
Окисляемость, мг O ₂ /л	Не более 15
Плётки нефтепродуктов, жиров, масел	Не должно быть

Таблица 39

Дополнительные требования к водам для бетонов и растворов

Назначение воды	Максимальное допустимое содержание, мг/л			
	Ратво- римых солей	Ионов SO ₄ ²⁻	Ионов Cl ⁻	Взве- шенных частиц
1. Вода для затворения бетонной смеси при изготовлении <i>напряжённых железобетонных</i> конструкций	2 000	600	350	200
2. Вода для затворения бетонной смеси при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой, в том числе для водосборных сооружений и зоны переменного горизонта воды массивных сооружений	5 000	2 700	1 200	200
3. Вода для затворения бетонной смеси при изготовлении <i>бетонных неармированных конструкций</i> , к которым не предъявляются требования по ограничению образования высолов, а также бетона бетонных и железобетонных конструкций подводной и внутренней зон массивных сооружений	10 000	2 700	3 500	300
4. Вода для <i>промывки заполнителей</i> , включая мокрую контрольную сортировку и охлаждение заполнителей	5 000	2 700	1 200	500
5. Вода для <i>поливки рабочих швов</i> при перерывах в бетонировании, поверхностей стыков, подлежащих омоноличиванию, и <i>поверхностей водосборных конструкций</i> , а также вода для <i>трубного охлаждения массива бетона</i>	1 000	500	3500	200
6. Вода для <i>поливки законченных наружных поверхностей бетонных и железобетонных конструкций</i> (включая поверхности водосборных сооружений), если на поверхности может быть допущено появление выцветов, высолов	35 000	2 700	20000	500

Примечание. Вода для приготовления бетона на глиноземистом и гипсо-глиноземистом цементе должна отвечать требованиям п. 1. Согласно СН и П 2.03.11-85 [102] для бетонных и железобетонных конструкций следует предусматривать бетон *нормируемой проницаемости*.

Проницаемость бетона характеризуется *прямыми показателями* (маркой бетона по водонепроницаемости или коэффициентом фильтрации).

Косвенные показатели (водопоглощение бетона и водоцементное отношение) являются ориентировочными и дополнительными к прямым. Показатели проницаемости бетона приведены табл. 40.

Таблица 40

Условные обозначения и показатели проницаемости бетона

Условные обозначения показателя проницаемости бетона	Показатели проницаемости бетона			
	прямые		Косвенные	
	Марка бетона по водонепроницаемости	Коэффициент фильтрации, см/с (при равновесной влажности), K_f	Водопоглощение , % по массе	Водоцементное отношение В/Ц, не более
Н – бетон нормальной проницаемости	W_4	Св. $2 \cdot 10^{-9}$ до $7 \cdot 10^{-9}$	Св. 4,7 до 5,7	0,6
П – бетон пониженной проницаемости	W_6	Св. $6 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-9}$	Св. 4,2 до 4,7	0,55
О – бетон особо низкой проницаемости	W_8	Св. $1 \cdot 10^{-10}$ до $6 \cdot 10^{-10}$	До 4,2	0,45

Примечания:

1. Коэффициент фильтрации и марку бетона по водонепроницаемости следует определять по ГОСТ 12730.5-84; водопоглощение бетона – по ГОСТ 12730.3-78.

2. Показатели водопоглощения и водоцементного отношения, приведенные в табл. 40, относятся к тяжёлому бетону. Водопоглощение лёгких бетонов следует определять умножением значений, приведенных в табл. 40, на коэффициент, равный отношению средней плотности тяжёлого бетона к средней плотности лёгкого бетона. Водоцементное отношение лёгких бетонов следует определять умножением значения, приведенного в табл. 40, на 1,3.

3. Далее в тексте настоящих норм оценка проницаемости бетона приведена по показателю водонепроницаемости.

4. K_f , 1 см/с = 10^{-4} м/сутки.

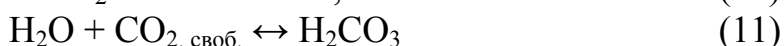
Среди показателей состава природных вод, влияющих на строительные материалы из бетона, выделяется двуокись углерода (CO_2).

Двуокись углерода обычно присутствует во всех природных водах. Мера взаимодействия растворённой в воде CO_2 с молекулами и ионами чистой воды различна (уравнения 10–15).

Растворённая газообразная двуокись углерода (CO_2) в воде *частично гидратируется*, образуя очень мало диссоциированную угольную кислоту (H_2CO_3). Эта форма называется *свободной двуокисью углерода* ($\text{CO}_{2, \text{своб.}}$), уравнение 11.

Доля CO_2 , содержащаяся в гидрокарбонат-(бикарбонат)-ионе (HCO_3^-), называется *гидрокарбонатной (бикарбонатной) двуокисью углерода*, уравнения 12, 13.

Доля CO_2 , содержащаяся в карбонат-ионе (CO_3^{2-}) называется *карбонатной двуокисью углерода*, уравнения 14, 15.

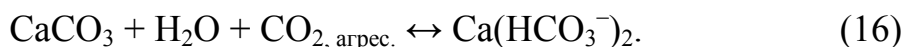


Суммарное содержание всех трёх форм CO_2 называется «*общей двуокисью углерода*».

Часть двуокиси углерода, *гидратированная* водой, *избыточная* по отношению к той, которая находится в равновесии с гидрокарбонат-ионами, называется «*агрессивной двуокисью углерода*» ($\text{CO}_{2, \text{агрес.}}$).

Высокое содержание свободной двуокиси углерода делает воду *агрессивной по отношению к строительным материалам* (особенно к бетону, главной составной частью которого является CaCO_3) *и к металлам*.

Разрушающее действие воды с $\text{CO}_{2, \text{агрес.}}$ заключается в образовании *растворимых гидрокарбонатов*, например, $\text{Ca}(\text{HCO}_3^-)_2$, вследствие чего структура материала нарушается (уравнение 16).



Качество природных вод, входящих в окружающую среду строительных материалов, характеризуется словами «неагрессивные», «слабо агрессивные», «средне агрессивные», «сильно агрессивные». По физическому состоянию *среды*, окружающие строительные материалы, разделяются на газообразные, твёрдые и жидкие. Природная вода находится во всех трёх состояниях. По степени воздействия на строительные конструкции *среды* разделяются на *неагрессивные среды, слабо агрессивные среды, средне агрессивные и сильно агрессивные среды*.

Степени агрессивного воздействия сред на конструкции из бетона и железобетона приведены для твёрдых сред – в табл. 41; для грунтов

выше уровня грунтовых вод – в табл. 42; для жидких неорганических сред – в табл. 43, 44, 45; для жидких органических сред – в табл. 46.

Таблица 41

Степень агрессивного воздействия *твёрдых сред*
на конструкции из бетона и железобетона

Влажностный режим помещений Зона влажности (по СН и П II-3-79)	Растворимость твёрдых сред в воде ^{1), 2)} и их гигроскопичность	Степень агрессивного воздействия твёрдых сред на конструкции из	
		бетона	Железо-бетона
1	2	3	4
Сухой	Хорошо растворимые мало гигроскопичные	Неагрессивная	Слабо агрессивная
Сухая	Хорошо растворимые гигроскопичные	Слабо агрессивная	Средне агрессивная
Нормальный	Хорошо растворимые мало гигроскопичные	Слабо агрессивная	Слабо агрессивная
Нормальная	Хорошо растворимые мало гигроскопичные	Слабо агрессивная	Средне агрессивная ³⁾
Влажный или мокрый	Хорошо растворимые мало гигроскопичные	Слабо агрессивная	Средне агрессивная ⁴⁾
Влажная	Хорошо растворимые мало гигроскопичные	Средне агрессивная ³⁾	Сильно агрессивная

Примечания:

1) Перечень наиболее распространённых растворимых солей и их характеристики приведены в справочном приложении 2. В качестве агрессивных солей по отношению к бетону и железобетону следует рассматривать приведенные в справочном приложении 2 хлориды, сульфаты и нитраты.

2) Присутствие мало растворимых веществ не влияет на агрессивность.

3) Степень агрессивного воздействия следует уточнять одновременно с требованиями табл. 42, 43, 44 с учётом агрессивности образующегося раствора.

4) Соли, содержащие хлориды, следует относить к сильноагрессивной среде.

При определении степени агрессивного воздействия среды на конструкции, находящиеся внутри отапливаемых помещений, влажностный режим следует принимать по таблице 1 СН и П II-3-79, а на конструкции, находящиеся внутри не отапливаемых зданий, на открытом воздухе и в грунтах выше уровня грунтовых вод, – по приложению 1, СН и П II-3-79.

Таблица 42

Степень агрессивного воздействия *грунтов выше уровня грунтовых вод* на конструкции из бетона и железобетона

Зона влаж-ности по СН и П П-3-79	Показатель агрессивности, мг на 1 кг грунта				Степень агрессивного воздействия грунта на бетонные и железобетонные конструкции
	сульфатов в пересчёте на SO_4^{2-} для бетонов на			Хлоридов в пересчёте на Cl^- для бетонов на	
	портланд-цементе по ГОСТ 10178-76	портландцементе по ГОСТ 10178-76 с содержанием C_3S не более 65%, C_3A не более 7 %, $C_3A + C_4AF$ не более 22 % и шлакопортланд-цементе	сульфато-стойких цементах по ГОСТ 22266-76	портландцементе, шлакопортландцементе по ГОСТ 10178-76 и сульфато-стойких цемен-тах по ГОСТ 22266-76	
Сухая	Св. 500 до 1000	Св. 3000 до 4000	Св. 6000 до 12 000	Св. 400 до 750	Слабоагрес-сивная
	Св. 1000 до 1500	Св. 4000 до 5000	Св. 12 000 до 15 000	Св. 750 до 7500	Среднеаг-рессивная
	Св. 1 500	Св. 5000	Св. 15 000	Св. 7500	Сильноаг-рессивная
Нормальная и влажная	Св. 250 до 500	Св. 1500 до 3000	Св. 3000 до 6000	Св. 250 до 500	Слабоагрес-сивная
	Св. 500 до 1000	Св. 3000 до 4000	Св. 6 000 до 8 000	Св. 500 до 5000	Среднеаг-рессивная
	Св. 1000	Св. 4000	Св. 8 000	Св. 5000	Сильноаг-рессивная

Примечания:

1. Показатели агрессивности по содержанию хлоридов учитываются только для железобетонных конструкций независимо от марки бетона по водопроницаемости. При одновременном содержании сульфатов их количество пересчитывается на содержание хлоридов умножением на 0,25 и суммируется с содержанием хлоридов.

2. Показатели агрессивности по содержанию сульфатов приведены для бетонов марки водонепроницаемости W_4 . При оценке степени агрессивного воздействия на бетон марки W_6 показатели следует умножить на 1,3, для бетона марки водонепроницаемости W_8 – на 1,7.

Степень агрессивного воздействия сред на бетон, приготовленный на любом из цементов, отвечающих требованиям ГОСТ 10178-76 и ГОСТ 22266-76, указана в табл. 43.

Таблица 43

Степень агрессивного воздействия **жидкой неорганической среды**,
содержащей HCO_3^- , CO_2 агрессив., Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ и K^+ , суммарное
содержание хлоридов, сульфатов ²⁾, нитратов и др. солей,
на бетон различной марки

Показатель агрессивности	Показатель агрессивности жидкой среды ¹⁾ для сооружений, расположенных в грунте с K_f свыше 0,1 м/сут, в открытом водоёме и для напорных сооружений при марке бетонов по водонепроницаемости			Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на бетон
	W_4	W_6	W_8	
1	2	3	4	5
Бикарбонатная щёлочность, мг-экв/л *	Св. 0 до 1,05 (3)	—	—	Слабо-агрессивная
Водородный показатель, pH^{**} , ед. pH	Св. 5,0 до 6,5	Св. 4,0 до 5,0	Св. 3,5 до 4,0	Слабо-агр.
	Св. 4,0 до 5,0	Св. 3,5 до 4,0	Св. 3,0 до 3,5	Средне-агрес.
	Св. 0,0 до 4,0	Св. 0,0 до 3,5	Св. 0,0 до 3,0	Сильно-агрес.
Содержание агрессивной углекислоты, мг/л	Св. 10 до 40	Св. 40 ^{***}	—	Слабо-агрес
	Св. 40 ^{***}	—	—	Средне-агрес
Содержание магnezияльных солей, мг/л, в пересчёте на ион Mg^{2+}	Св. 1000 до 2000	Св. 2000 до 3000	Св. 3000 до 4000	Слабо-агрес.
	Св. 2 000 до 3000	Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Средне-агрес..
	Св. 3000	Св. 4000	Св. 5000	Сильно-агрес.
Содержание аммонийных солей, мг/л, в пересчёте на ион NH_4^+	Св. 100 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1000	Слабоагрессивная
	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1500	Средне-агрессив-я
	Св. 800	Св. 1000	Св. 1500	Сильно-агрессив.

Продолжение табл. 43

1	2	3	4	5
Содержание едких щелочей, мг/л, в пересчёте на ионы Na^+ и K^+	Св. 50 000 до 60 000 Св. 60 000 до 80 000 Св. 80 000	Св. 60 000 до 80000 Св. 80 000 до 100000 Св. 100 000	Св. 80 000 до 100000 Св. 100 000 до 150000 Св.150 000	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов ²⁾ , нитратов и др. солей, мг/л при наличии испаряющих поверхностей	Св. 10 000 до 20 000 Св. 20 000 до 50 000 Св. 50 000	Св. 20 000 до 50000 Св. 50 000 до 60000 Св. 60 000	Св. 50 000 до 60000 Св. 60 000 до 70000 Св.70 000	Слабо агрессив-я Среднеагрессивная Сильноагрессивная

Примечания:

1) При оценке степени агрессивного воздействия среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в *слабо фильтрующих грунтах с K_f менее 0,1 м/сутки*, значения показателей данной таблицы должны быть умножены на 1,3.

2) Содержание *сульфатов* в зависимости от вида и минералогического состава цемента не должно превышать пределов, указанных в табл. 49 и 51.

* При любом значении бикарбонатной щёлочности *среда неагрессивна* по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W_6 и более, а также с маркой W_4 при коэффициенте фильтрации K_f ниже 0,1 м/сутки.

** Оценка агрессивного воздействия среды по водородному показателю pH не распространяется на растворы органических кислот высоких концентраций и углекислоту.

*** При повышении значений показателей агрессивности, указанных в табл. 43, степень агрессивного воздействия среды по данному показателю не возрастает.

Таблица 44

Степень агрессивного воздействия *жидкой неорганической среды*,
содержащей SO_4^{2-} и HCO_3^- , на бетон марки W_4 .

Цемент	Показатель агрессивности жидкой среды ¹⁾ с содержанием сульфатов в пересчёте на ионы SO_4^{2-} , мг/л, для сооружений, расположенных в грунте с K_f свыше 0,1 м/сутки, в открытом водоёме и для напорных сооружений при содержании ионов HCO_3^- , мг-экв/л			Степень агрессивного воз- действия жидкой неорганической среды на бетон марки W_4 *
	HCO_3^- Св. 0,0 до 3,0	HCO_3^- Св. 3,0 до 6,0	HCO_3^- Св. 6,0	
Портландцемент по ГОСТ 10178-76	Св. 250 до 500 Св. 500 до 1000 Св. 1000	Св. 500 до 1000 Св. 1000 до 1200 Св. 1200	Св. 1000 до 1200 Св. 1200 до 1500 Св. 1500	Слабоагр-я Среднеагр. Сильноагр.
Портландцемент по ГОСТ 10178-76 с содержанием C_3S не более 65%, C_3A не более 7 %, $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$ не более 22 % и шлакопортланд- цемент	Св. 1500 до 3000 Св. 3000 до 4000 Св. 4 000	Св. 3 000 до 4000 Св. 4 000 до 5000 Св. 5 000	Св. 4 000 до 5000 Св. 5 000 до 6000 Св. 6000	Слабоаг- рессивная Среднеаг- рессивная Сильноаг- рессивная
Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266-76	Св. 3 000 до 6000 Св. 6 000 до 8000 Св. 8 000	Св. 6 000 до 8000 Св. 8 000 до 12000 Св. 12 000	Св. 8 000 до 12000 Св. 12 000 до 15000 Св. 15 000	Слабо аг- рессивная Средне агрессив- ная Сильно агр.

Примечания:

¹⁾ При оценке степени агрессивного воздействия среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в *слабо фильтрующих грунтах* с K_f менее 0,1 м/сутки, значения показателей данной таблицы должны быть умножены на 1,3.

* При оценке степени агрессивности среды для бетона марки по водонепроницаемости W_6 значения показателей данной таблицы должны быть умножены на 1,3, для бетона марки водонепроницаемости W_8 – на 1,7.

Таблица 45

Степень агрессивного воздействия *жидкой неорганической среды*, содержащей **СГ-ионы**, на арматуру железобетонных конструкций

Содержание Хлоридов в пересчёте на СГ, мг/л	Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на арматуру железобетонных конструкций при	
	постоянном погружении	периодическом смачивании
До 500	Неагрессивная	Слабоагрессивная
Св. 500 до 5 000	Неагрессивная	Среднеагрессивная
Св. 5 000	Слабоагрессивная	Сильноагрессивная

Примечания:

1. Понятие периодического смачивания охватывает зоны переменного горизонта жидкой среды и капиллярного подсоса.

2. При одновременном содержании в жидкой среде сульфатов и хлоридов количество сульфатов пересчитывается на содержание хлоридов умножением на 0,25 и суммируется с содержанием хлоридов.

3. Коррозионная стойкость конструкций, подвергающихся действию морской воды средней и сильной степени агрессивности, должна обеспечиваться первичной защитой.

Таблица 46

Степень агрессивного воздействия *жидкой органической среды* на бетон различной марки

Среда	Степень агрессивного воздействия <i>жидкой органической среды</i> на бетон при марке водонепроницаемости		
	W ₄	W ₆	W ₈
Масла: Минеральные Растительные животные	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Среднеагрессивная	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Среднеагрессивная	Неагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная
Нефть и нефтепродукты: Сырая нефть ¹⁾ Сернистая нефть Сернистый мазут ¹⁾ Дизельное топливо Керосин бензин	Среднеагрессивная Среднеагрессивная Среднеагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная Неагрессивная	Среднеагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная Неагрессивная	Слабоагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная Неагрессивная Неагрессивная Неагрессивная
Растворители: предельные углеводороды (гептан, октан, декан и т. д.) Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, хлорбензол и т. д.) Кетоны (ацетон, метилэтилкетон, диэтилкетон и т. д.)	Неагрессивная Слабоагрессивная Слабоагрессивная	Неагрессивная Неагрессивная Слабоагрессивная	Неагрессивная Неагрессивная Неагрессивная

Среда	Степень агрессивного воздействия <i>жидкой органической среды</i> на бетон при марке водонепроницаемости		
	W ₄	W ₆	W ₈
Кислоты: Водные растворы кислот (уксусная, лимонная, молочная и т. д.) концентрацией св. 0,050 г/л Жирные водонерастворимые кислоты (каприловая, капроновая и т. д.)	Сильноагрессивная	Сильноагрессивная	Сильноагрессивная
	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная
Спирты: Одноатомные Многоатомные	Слабоагрессивная Среднеагрессивная	Неагрессивная Среднеагрессивная	Неагрессивная Слабоагрессивная
Мономеры: Хлорбутадиев Стирол	Сильноагрессивная Слабоагрессивная	Сильноагрессивная Слабоагрессивная	Среднеагрессивная Неагрессивная
Амиды: Карбамид (водные растворы с конц-й от 50 до 150 г/л) То же, св. 150 г/л Дициандиамид (водные растворы с конц-й до 10 г/л) Диметилформамид (водные растворы с конц-й 20–50 г/л) То же, св. 50 г/л	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная
	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная
	Слабоагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
	Среднеагрессивная Сильноагрессивная	Слабоагрессивная Слабоагрессивная	Слабоагрессивная Среднеагрессивная
Прочие органические в-ва: Фенол (водные растворы с конц-й до 10 г/л) Формальдегид (водные растворы с конц-й 20–50 г/л) То же, св. 50 г/л Дихлорбутан Тетрагидрофуран Сахар (водные растворы с конц-й 0,1 г/л)	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная
	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная
	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
	Среднеагрессивная Слабоагрессивная	Слабоагрессивная Слабоагрессивная	Слабоагрессивная Неагрессивная

Примечание.

¹⁾ Для ёмкостных сооружений и подземных трубопроводов степень агрессивного воздействия жидких сред следует определять по табл. 44–46. Для внутренних поверхностей днищ и стенок резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов воздействие сырой нефти и мазута следует оценивать как *среднеагрессивное*, а воздействие мазута, дизельного топлива и керосина – как *слабоагрессивное*. Для внутренних поверхностей покрытия резервуаров воздействие перечисленных жидкостей следует оценивать как *слабоагрессивное*.

Защиту наружных поверхностей фундаментов труб и газоходов следует предусматривать в соответствии с требованиями по защите подземных конструкций от коррозии. Для ёмкостных сооружений и подземных трубопроводов степень агрессивного воздействия жидких сред следует определять по табл. 43–46.

В ёмкостных сооружениях для нефти и нефтепродуктов должен быть применён бетон марки *по водонепроницаемости* не менее W_8 . Ёмкостные сооружения, заглублённые в грунт, должны иметь наружную гидроизоляцию, исключающую доступ *грунтовой влаги* к поверхности железобетона.

Железобетонные трубы подземных трубопроводов следует защищать от коррозии методами электрохимической защиты при содержании хлор-ионов *в водной вытяжке из грунтов* (ГОСТ 9.015-74) или *грунтовых водах*, мг/л, табл. 47.

Таблица 47

Содержание Cl^- -ионов *в водной вытяжке из грунтов или в грунтовых водах* для защиты подземных трубопроводов от коррозии

Тип трубы	Содержание Cl^- ионов, мг/л
Виброгидропрессованные трубы (ГОСТ 12586.0-83)	Св. 500
Трубы со стальным сердечником:	
1) при марке по водонепроницаемости защитного слоя бетона W_4 и допустимой ширине раскрытия трещин 0,1 мм	Св. 300
2) при марке по водонепроницаемости защитного слоя бетона W_4 и допустимой ширине раскрытия трещин 0,2 мм	Св. 150

2.6.2.2. Требования к качеству вод, действующих на металлические конструкции

Степень агрессивного воздействия сред на металлические конструкции приведены:

- для жидких неорганических сред – в табл. 48;
- для жидких органических сред – в табл. 49;
- грунтов на конструкции из углеродистой стали – в табл. 50.

Таблица 48

Степень агрессивного воздействия *жидкой неорганической среды*, содержащей SO_4^{2-} и Cl^- , на металлические конструкции

Неорганические жидкие среды	Водородный показатель pH	Суммарная концентрация SO_4^{2-} и Cl^- , г/л	Степень агрессивного воздействия сред на металлические конструкции при свободном доступе кислорода в интервале температур от 0 до 50 °С и скорости движения до 1 м/с
Пресные природные воды	Св. 3 до 11 То же До 3	До 5 Св. 5 Любая	Среднеагрессивная Сильноагрессивная Сильноагрессивная
Морская вода	Св. 6 до 8,5	Св. 20 до 50	Среднеагрессивная
Производственные оборотные и сточные воды без очистки	Св. 3 до 11	До 5 Св. 5	Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Сточные жидкости животноводческих зданий	Св. 5 до 9	До 5	Среднеагрессивная
Растворы неорганических кислот	До 3	Любая	Сильноагрессивная
Растворы щелочей	Св. 11	Любая	Среднеагрессивная
Растворы солей концентрацией свыше 50 г/л	Св. 3 до 11	Любая	Сильноагрессивная

Примечания:

1. При насыщении воды хлором или сероводородом следует принимать степень агрессивного воздействия среды на одну ступень выше.
2. При удалении кислорода из воды и растворов солей (деаэрация) следует принимать степень агрессивного воздействия среды на одну ступень ниже.
3. При увеличении скорости движения воды от 1 до 10 м/с, а также при периодическом смачивании поверхности конструкций в зоне прибоя и приливотливочной зоне или при повышении температуры воды с 50 до 100 °С в закрытых резервуарах без деаэрации следует принимать степень агрессивного воздействия среды на одну ступень выше.

Таблица 49

Степень агрессивного воздействия *жидкой органической среды* на металлические конструкции

Органические жидкие среды	Степень агрессивного воздействия среды на металлические конструкции
Масла (минеральные, растительные, животные)	Неагрессивная
Нефть и нефтепродукты	Слабоагрессивная
Растворители (бензол, ацетон)	Слабоагрессивная
Растворы органических кислот	Сильноагрессивная

Примечание.

Степень агрессивного воздействия нефти нефтепродуктов, приведенную в данной таблице, следует учитывать в случае воздействия на поддерживающие металлические конструкции и на наружную поверхность конструкций резервуаров.

Таблица 50

Степень агрессивного воздействия *грунтов ниже уровня грунтовых вод* на конструкции из углеродистой стали

Средняя годовая температура воздуха, °С	Характеристика грунтовых вод ²⁾		Степень агрессивного воздействия грунтов ниже уровня грунтовых вод
	pH	суммарная концентрация SO_4^{2-} и Cl^- , г/л	
До 0	До 5 Св. 5 Св. 5	Любая До 5 Св. 5	Среднеагрессивная Слабоагрессивная Среднеагрессивная
Св. 0 до 6	До 5 Св. 5 Св. 5	Любая До 1 Св. 1	Сильноагрессивная Слабоагрессивная Среднеагрессивная
Св. 6	До 5 Св. 5 Св. 5	Любая До 5 Св. 5	Сильноагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная

Таблица 51

Степень агрессивного воздействия *грунтов выше уровня грунтовых вод* на конструкции из углеродистой стали

Средняя годовая температура воздуха, °С ¹⁾	Характеристика грунтовых вод ²⁾		Степень агрессивного воздействия грунтов на конструкции из углеродистой стали выше уровня грунтовых вод ³⁾		
	pH	суммарная концентрация SO_4^{2-} и Cl^- , г/л	В зонах влажности по СНиП II-3-79	При значениях удельного сопротивления грунтов, Ом	
				До 20	Св. 20
До 0	До 5 Св. 5 Св. 5	Любая До 5 Св. 5	Влажная Сухая Нормальная	Среднеагрессивн. Слабоагрессивн. Среднеагрессивн.	Среднеагрес. Слабоагрес. Слабоагрес.
Св. 0 до 6	До 5 Св. 5 Св. 5	Любая До 1 Св. 1	Влажная Сухая Нормальная	Сильноагрессивн. Среднеагрессивн. Сильноагрессивн.	Среднеагрес. Слабоагрес. Среднеагрес.
Св. 6	До 5 Св. 5 Св. 5	Любая До 5 Св. 5	Влажная Сухая Нормальная	Сильноагрессивн. Среднеагрессивн. Сильноагрессивн.	Сильноагрес. Среднеагрес. Среднеагрес.

Примечания:

- 1) Средняя годовая температура воздуха приведена в главе СНиП 2.01.01-82.
- 2) Не рассматривается воздействие геотермальных вод.
- 3) Для сильно фильтрующих грунтов с коэффициентом фильтрации свыше 0,1 м/сутки.
- 4) Степень агрессивного воздействия донных песчаных грунтов, не содержащих донный ил и сероводород до 20 мг/л, – *слабоагрессивная*, содержащих сероводород свыше 20 мг/л, – *среднеагрессивная*.

2.6.2.3. Требования к качеству вод, контактирующих с оболочкой кабеля

Качество грунтовых и других вод, контактирующих с оболочкой кабеля, оценивается их агрессивностью по отношению к материалу кабеля.

Критерии и их нормативы, соответствующие различной агрессивности вод, приведены в табл. 52, 53, [102].

Таблица 52

Коррозионная агрессивность *грунтовых и других вод* по отношению к *свинцовой* оболочке кабеля

Коррозионная агрессивность грунтовых и других вод	Значение pH	Общая жёсткость, мг-экв/л ¹⁾	Концентрация компонентов, мг/л	
			Органическое в-во (гумус)	Нитрат-ион
Низкая	6,5–7,5	Св. 5,3	До 20 включ.	До 10 вкл.
Средняя	5,0–6,5	5,3–3,0	20–40 включ.	10–20
Высокая	До 5 и св. 9	До 3,0	Св.40	Св.20

Примечание.

¹⁾ Единица жёсткости соответствует ГОСТ 6055. В Российской Федерации действует градус жесткости °Ж по ГОСТ Р 52029.

Таблица 53

Коррозионная агрессивность *грунтовых и других вод* по отношению к *алюминиевой* оболочке кабеля

Коррозионная агрессивность грунтовых и других вод	Значение pH	Концентрация компонентов, мг/л	
		Хлор-ион	Ион железа
Низкая	6,5–7,5 включ.	До 5,0 включ.	До 10 включ.
Средняя	4,5–6,0 включ. 7,5–8,5 включ.	5,0–50 включ.	1,0–10 включ.
Высокая	До 4,5 и св. 8,5	Св. 50	Св. 10

Таблица 54

Коррозионная агрессивность *грунтов* по отношению к *свинцовой* оболочке кабеля

Коррозионная агрессивность грунта	Значение pH	Массовая доля компонентов, % от массы воздушно-сухой пробы	
		Орг. вещество (гумус)	Нитрат-ион
Низкая	6,5–7,5 включ.	До 0,01 включ.	До 0,0001 вкл.
Средняя	5,0–6,5 включ. 7,5–9,0 включ.	От 0,01 до 0,02 включ.	От 0,0001 до 0,001 включ.
Высокая	До 5,0 и св. 9,0	Св. 0,02	Св. 0,001

Таблица 55

**Коррозионная агрессивность *грунтов*
по отношению к *алюминиевой* оболочке кабеля**

Коррозионная агрессивность грунта	Значение pH	Массовая доля компонентов, % от массы воздушно-сухой пробы	
		Хлор-ион	Ион железа
Низкая	6,0–7,5 включ.	До 0,001 вкл.	До 0,002 вкл.
Средняя	4,5–6,0 включ. 7,5–8,5 включ.	От 0,001 до 0,005 вкл.	От 0,002 до 0,01 вкл.
Высокая	До 4,5 и св. 8,5	Св. 0,005	Св. 0,01

Таблица 56

**Коррозионная агрессивность грунта
по отношению к *углеродистой и низколегированной* стали**

Коррозионная агрессивность грунта	Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м	Средняя плотность катодного тока, А/м ²
Низкая	Св. 50	До 0,05 включ.
Средняя	От 20 до 50 включ.	От 0,05 до 0,20 включ.
Высокая	До 20	Св. 0,20

Критерием биокоррозионной агрессивности грунта являются наличие визуальных признаков оглеения грунта (окрашенности грунта в сероватые, сизые, голубоватые тона) и наличие в грунте восстановленных соединений серы.

2.6.2.4. Требования к качеству вод при инженерно-геологических изысканиях для строительства [103]

Гидрохимические исследования при инженерно-экологических изысканиях выполняются для оценки загрязненности поверхностных вод, выявления ореола загрязнения грунтовых вод, состава и концентрации загрязнителей, источников загрязнения и оценки влияния этого загрязнения на состояние экосистем и здоровье населения.

Геоэкологическое опробование поверхностных и подземных вод в зонах влияния хозяйственных объектов и на селитебных территориях для оценки их загрязнения должно включать набор показателей, контролируемых согласно действующим нормативам для промышленного и гражданского строительства (табл. 57–62).

Опробование и оценку загрязненности поверхностных и подземных вод при инженерно-экологических изысканиях следует производить:

1) для оценки качества воды *источников водоснабжения* и выполнения требований к соблюдению *зон санитарной охраны водозаборных сооружений*;

2) оценки качества воды, не используемой для водоснабжения, но являющейся *компонентом природной среды*, подверженным загрязнению, а также агентом переноса и распространения загрязнений.

Гидрологические исследования водного режима, гидрохимические и гидробиологические исследования водных объектов при комплексном проведении инженерных изысканий следует выполнять в составе гидрометеорологических изысканий.

Опробование и оценку качества поверхностных и подземных вод, используемых как *источник водоснабжения для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд, рекреационных и других целей*, следует осуществлять в соответствии с установленными санитарными нормами и государственными стандартами качества воды по *ПДК применительно к видам водопользования*: ГОСТ 17.1.1.03-86; ГОСТ 17.1.1.04-80; ГОСТ 17.1.3.06-82; ГОСТ 17.1.3.07-82; ГОСТ 17.1.5.02-80; ГОСТ 17.1.2.04-77; ГОСТ 2761-84; ГОСТ 2874-82; СанПиН 2.1.4.027-95; СанПиН 2.1.4.544-96.

Список наиболее значимых в *гигиеническом* отношении загрязняющих воду веществ и их *ПДК*, а также контролируемые *показатели качества воды, используемой для хозяйственно-питьевого назначения*, приведены в табл. 57, 58, 59.

Таблица 57

Показатели качества воды, их *ПДК* и класс опасности [64]

№ п/п	Вещество	ПДК в воде по санитарно-токсикологическому признаку вредности, мг/л	Класс опасности
1	Акриламид	0,01	2
2	Алюминий	0,5	2
3	Анилин	0,1	2
4	Ацетонциангидрин	0,001	2
5	Барий	0,1	2
6	Бензол	0,5	2
7	Бенз(а)пирен	0,000005	1
8	Бериллий	0,0002	1
9	Бор	0,5	2
10	Бром	0,2	2
11	Висмут	0,1	2
12	Вольфрам	0,05	2

Окончание табл. 57

№ п/п	Вещество	ПДК в воде по санитарно- токсикологическому признаку вредности, мг/л	Класс опас- ности
13	Гексаметилендиамин	0,01	2
14	ДДТ	0,1	2
15	Диметиламин	0,1	2
16	Диметилдиоксан	0,005	2
17	2.5-Дихлорнитробензол	0,1	2
18	Дихлорэтан	0,02 (ОБУВ)	2
19	Дихлорэтилен	0,0006 (ОБУВ)	1
20	Диэтилртуть	0,0001	1
21	Кадмий	0,001	2
22	Кобальт	1,0	2
23	м- и п- Креозол	0,004	2
24	Литий	0,003	2
25	Нитраты	10,0	2
26	м- и п- Нитрофенол	0,06	2
27	п- Нитрофенол	0,02	2
28	Пентахлорбифенил	0,01	1
29	Пиридин	0,2	2
30	Ртуть	0,0005	1
31	Свинец	0,03	2
32	Стронций	7,0	2
33	Сурьма	0,05	2
34	Таллий	0,0001	1
35	Тетрахлорбензол	0,02	1
36	Тетрахлорэтилен	0,02 (ОБУВ)	2
37	Тетраэтилсвинец	Отсутствие	1
38	Трикрезилфосфат	0,005	2
39	Трихлорбифенил	0,001	1
40	Фтор	1,5	2
41	Хлороформ	0,06 (ОБУВ)	2
42	Четыреххлористый углерод	0,006 (ОБУВ)	2
43	Этилмеркурхлорид	0,0001	1

Опробование и оценка качества *подземных и поверхностных вод* как *источника водоснабжения* для хозяйственно-питьевых и других нужд должна осуществляться в составе изысканий источников водоснабжения в соответствии с установленными санитарными нормами и государственными стандартами.

Контролируемые показатели качества воды *подземного источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения*
(СанПиН 2.1.4.027-95)

1. Органолептические показатели воды

Температура в момент взятия пробы, °С,
Запах при 20 °С качественно и в баллах
Привкус при 20 °С качественно и в баллах
Запах при 60 °С качественно и в баллах
Цветность в градусах цветности
Мутность, мг/л

2. Показатели химического состава воды

Водородный показатель (рН)
Бериллий, мг/ л
Бор, мг/ л
Железо, мг/л
Марганец, мг/л
Медь, мг/ дл
Молибден, мг/ л
Мышьяк, мг/л
Нитраты, мг/ л
Общая жесткость, ммоль/ л
Окисляемость перманганатная, мгО/ дл
ХПК, мгО/л
Свинец, мг/ л
Селен, мг/ л
Сероводород, мг/л
Стронций, мг/л
Сульфаты, мг/ л
Сухой остаток, мг/ л
Углекислота свободная, мг/л
Фтор, мг/л
Хлориды, мг/л
Цинк, мг/ л
Промышленные, сельскохозяйственные и бытовые загрязнения*

* Перечень показателей промышленных, сельскохозяйственных и бытовых загрязнений согласовывается с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

3. Микробиологические показатели воды

Число сапрофитных бактерий в 1 л.

Число бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в 1 л.

Таблица 59

Контролируемые показатели качества воды *поверхностного источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения*
(СанПиН 2.1.4.027-95)

1. Органолептические показатели воды

Температура воды в момент взятия пробы, °С,

Запах при 20 °С качественно и в баллах

Запах при 60 °С качественно и в баллах

Привкус при 20 °С качественно и в баллах

Цветность, градус цветности

Мутность, мг/ л

2. Показатели химического состава воды

Водородный показатель (рН)

Взвешенные вещества мг/ л

Железо, мг/л

Марганец, мг/л

Общая жесткость, ммоль/ л

Сульфаты, мг/ л

Сухой остаток, мг/л

Углекислота свободная, мг/ л

Фтор, мг/ л

Хлориды, мг/ л

Щелочность, мг-экв/ л

Промышленные, сельскохозяйственные и бытовые загрязнения*

* Перечень показателей промышленных, сельскохозяйственных и бытовых загрязнений согласовывается с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

3. Санитарные показатели качества воды

Поверхностные анионактивные вещества (ПАВ) – суммарно, мг/ л
Биохимическое потребление кислорода ($BPK_{полн}$), мгО/л
ХПК, мгО/ л
Окисляемость перманганатная, мгО/ л
Аммоний солевой, мг/л
Нитриты, мг/л
Нитраты, мг/ л.

4. Биологические показатели воды

Число сапрофитных бактерий в 1 л
Число лактозоположительных кишечных палочек в 1 л
Возбудитель кишечных инфекций (сальмонеллы, шигеллы, энтеровирусы) в 1 л
Число колифагов в 1 л
Число энтерококков в 1л
Фитопланктон, мг/ л
Фитопланктон, кл/л

Общие требования к охране *поверхностных вод* от загрязнения установлены ГОСТ 17.1.3.13-86. При определении опасности загрязнения и контроле качества *морских вод* следует руководствоваться ГОСТ 17.1.3.08-82 и СанПиН 4631-88. Общие требования к охране *поверхностных и подземных вод* от загрязнения пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, минеральными удобрениями устанавливаются в соответствии с ГОСТ 17.1.3.04-82; ГОСТ 17.1.3.05-82; ГОСТ 17.1.3.11-84.

Показатели *санитарно-эпидемиологического состояния водоисточников питьевого и рекреационного назначения* должны устанавливаться в соответствии с действующими санитарными нормами Российской Федерации (ГОСТ 2874-82 [32]; СанПиН 4630-88 [100]; СанПиН 2.1.4.027-95; СанПиН 2.1.4.544-96 [97]).

К *основным показателям* относятся эпидемическая опасность воды (наличие патогенных микроорганизмов, коли-титр), содержание токсических веществ 1-го и 2-го классов опасности и наличие возбудителей паразитарных болезней и микозов человека. Показатели, характеризующие загрязнение водоисточников и питьевой воды веществами 3-го и 4-го классов опасности, а также физико-химические и органолептические характеристики воды относятся к *дополнительным*. Классифика-

ция веществ по классам опасности и критерии санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и источников питьевого водоснабжения приведены в табл. 60.

Таблица 60

Показатели и нормативы санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения *питьевой воды и источников водоснабжения химическими веществами* для оценки экологической ситуации территории [52]

Показатели*	Нормативы		
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
1. Основные показатели			
1.1 Содержание токсичных веществ первого класса опасности (чрезвычайно опасные вещества):			
бериллий, ртуть, бенз(а)пирен, линдан, 3,4,7,8-диоксин**, ди-хлорэтилен, диэтилртуть, галлий, тетраэтилсвинец, тетраэтил-олово, трихлорбифенил (ПДК)	> 3	2–3	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)
1.2 Содержание токсичных веществ второго класса опасности (высокоопасные вещества):			
алюминий, барий, бор, кадмий, молибден, мышьяк, нитриты, свинец, селен, стронций, цианиды (ПДК)	> 10	5–10	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)
2. Дополнительные показатели			
2.1 Содержание токсичных веществ третьего и четвертого классов опасности (опасные и умеренно опасные вещества)			
аммоний, никель, нитраты, хром, медь, марганец, цинк, фенолы, нефтепродукты, фосфаты (ПДК)	> 15	10–15	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)
2.2. Физико-химические свойства:			
pH	< 4	4–5,2	–"
БПК полн., мг O ₂ /л	> 10	8–10	–"
ХПК, мг O ₂ /л	> 80	60–80	–"
Растворенный кислород, мг/л	< 1	1–2	> 4
2.3 Органолептические характеристики:			
запах и привкус, баллы	5	3–4	Не более 1
Плавающие примеси (пленки, пятна масляные и др.)	Пленка темной окраски, занимающая до 2/3 обозримой площади	Яркие полосы или пятна тусклой окраски	Отсутствуют

Примечания:

* Оценка опасности загрязнения веществ, не указанных в таблице, производится в соответствии с Сан ПиН 4630-88, ГОСТ 2874-82, Сан ПиН 2.1.4.544-96.

** Для диоксинов допустимый уровень – 0.02 нг/л.

Заключение о степени *санитарно-экологического* неблагополучия может быть сделано на основе стабильного сохранения негативных значений основных показателей за период не менее одного года. При этом, как правило, отклонения от нормы должны наблюдаться по нескольким

критериям, за исключением случаев загрязнения водоисточников питьевого назначения патогенными микроорганизмами и возбудителями паразитных заболеваний, а также особо токсичными веществами, когда заключение может быть сделано на основании одного критерия.

Геоэкологическое опробование *грунтовых вод*, не используемых для водоснабжения, следует производить преимущественно при оценке загрязненности территорий, предназначенных для *жилищного строительства*, и установлении необходимости их санирования, а также в *зонах влияния хозяйственных объектов*.

Оценку загрязнения *грунтовых вод*, не используемых для водоснабжения, на участках жилой застройки, а также в зонах влияния хозяйственных объектов следует производить в соответствии с табл. 61.

Таблица 61

Показатели и нормативы оценки степени загрязнения подземных вод
в зоне влияния хозяйственных объектов [52]

Определяемые показатели	Нормативы оценки		
	Зона экологического бедствия	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
Основные показатели			
Содержание загрязняющих веществ (нитраты, фенолы, тяжелые металлы, синтетические поверхностно активные вещества СПАВ, нефть), ПДК*	> 100	10–100	3–5
Хлорорганические соединения, ПДК	> 3	1–3	< 1
Канцерогены-бенз(а)пирен, ПДК	> 3	1–3	< 1
Площадь области загрязнения, км ²	> 8	3–5	< 0,5
Минерализация, г/л	> 100	10–100	< 3
Дополнительные показатели			
Растворенный кислород, мг/л	< 1	4–1	> 4

Примечание:

* ПДК – санитарно-гигиенические.

При необходимости (например, по требованию зарубежных инвесторов) дополнительная оценка загрязненности *грунтовых вод*, не используемых для водоснабжения, может быть выполнена в соответствии с действующими зарубежными нормами, табл. 62.

Набор анализируемых компонентов устанавливается техническим заданием в зависимости от вида строительства, стадии изысканий и

предполагаемого состава загрязнителей с учетом вида деятельности, вызывающей загрязнение.

Таблица 62

**Критерии экологической оценки загрязнения почв и грунтовых вод
в жилых районах
(в соответствии с зарубежными нормами)**

Вредные вещества	Германия: г. Берлин ¹⁾ , земля Бранденбург ²⁾						Голландия ³⁾			
	Допустимые концентрации вредных веществ для площадок по категориям ⁴⁾						Концентрация вредных веществ			
	Почва (мг/кг сухого вещества)			Грунтовые воды (мкг/л)			Почва (мг/кг сухого вещества)		Грунтовые воды (мкг/л)	
	категория			категория			допус- тимые	треб. вмеша- тельства	допус- тимые	треб. вмеша- тельства
	I	II	III	I	II	III				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Металлы										
мышьяк	10	20	40	40	60	80	29	55	10	60
свинец	100	500	600	40	60	150	85	530	15	75
молибден	—	—	—	—	—	—	10	200	5	300
кадмий	2	10	20	5	10	15	0,8	12	0,4	6
хром, в целом	150	400	600	50	100	200	100	380	1	30
хром, VI	25	50	100	20	30	40	—	—	—	—
кобальт	100	200	300	50	150	200	20	240	20	100
Медь	200	300	600	40	60	150	36	190	15	75
никель	200	250	300	50	75	100	35	210	15	75
ртуть	0,5	1	10	1	2	3	0,3	10	0,05	0,3
цинк	500	2000	3000	1000	1500	2000	140	720	65	800
олово	100	300	1000	40	100	150	—	—	—	—
барий							200	625	50	625
2. Прочие неорганические вещества										
цианиды, в целом – в комплексных соединениях:										
pH < 5	5	50	100	50	150	200	5	650	10	1500
pH ≥ 5	—	—	—	—	—	—	5	50	10	1500
цианиды, сво- бодные	1	5	10	5	1	150	1	20	5	1500
трицианаты (сумм.)	—	—	—	—	—	—	—	20	—	1500
сульфаты	—	—	—	240 мг/л	500 мг/л	1000 мг/л	—	—	—	—
фосфаты	—	—	—	500	700	700	—	—	—	—
нитриты	—	—	—	100	200	300	—	—	—	—
нитраты	—	—	—	50	100	200	—	—	—	—
аммиак	—	—	—	мг/л 500	мг/л 2000	мг/л 3000	—	—	—	—
фториды	500	1000	2000	1500	3000	4000	—	—	—	—

Окончание табл. 62

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Ароматические углеводороды										
сумма моноароматических углеводородов	5	15	25	20	40	80	7	70	30	100
Бензол	0,5	3	5	1	5	10	0,05	1	0,2	30
Толуол	5	15	25	20	40	80	0,5	130	0,2	1000
Ксилол	5	15	25	20	40	80	0,5	25	0,2	70
этилбензол	—	—	—	—	—	—	0,05	50	0,2	150
4. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)										
(суммарн.)	10	50	100	5	10	20	1	40	—	—
нафталин	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	70
бенз(а)-пирен	—	—	—	—	—	—	—	—	0,001	0,05
5. Алифатические галогенозамещенные углеводороды										
летучие галогенозамещенные углеводороды, в целом	5	25	50	25	40	80	—	—	—	—
летучие хлорированные углеводороды, в целом	5	25	50	25	40	80	7	70	15	70
монохлорэтен	1	3	5	1	1,5	2	—	—	—	—
6. Ароматические галогенозамещенные углеводороды										
сумма полихлорированных бифенилов	1	3	5	0,5	1	1,5	0,02	1	0,01	0,01
хлорбензолы	1	3	5	0,5	2	3	—	30	—	—
хлорфенолы	1	3	5	0,2	1	3	—	10	—	—
7. Фенолы и алкоголи										
фенолы, в целом	50	100	150	20	50	70	—	—	—	—
фенолы, летучие под водяным паром	1	3	5	2	5	10	—	—	—	—
метанол	100	120	150	5 мг/л	10 мг/л	20 мг/л	—	—	—	—
изопропанол	100	120	150	5 мг/л	10 мг/л	20 мг/л	—	—	—	—
гликоль	100	120	150	5 мг/л	10 мг/л	20 мг/л	—	—	—	—
8. Нефтяные углеводороды (минеральные масла)	300	3000	5000	500	1000	2000	50	5000	50	600
9. Пестициды, в целом ДДТ/ДДЕ/ДДД (сум.)	0,5	1	2	0,1	2	3	0,0025	4	—	0,01

Примечания:

- 1) Bewertungskriterien für Beurteilung kontaminierter Standorte in Berlin (Berliner Liste). Amtsblatt für Berlin. 40 Jahrgang N 65 28. Dezember 1990
- 2) Brandenburgische Liste. Abschlussentwurf 27.7.1990.
- 3) Neue Niederländische Liste. Altlasten Spektrum 3/95.
- 4) Категории площадок: I – водоохранные зоны, заповедники;
II – древние речные долины; III – водоразделы.

Результаты эколого-гидрогеологических исследований на предпроектных стадиях должны обеспечивать:

- 1) общую оценку гидрохимической обстановки и степени влияния техногенных факторов на формирование качества подземных вод;
- 2) районирование территории по степени защищенности подземных вод от загрязнения;
- 3) получение расчетных параметров, необходимых для моделирования и предварительного прогноза возможных изменений уровня, химического состава, температуры и режима подземных вод при строительстве и эксплуатации объекта.

2.6.3. Требования к качеству вод для пищевой промышленности

В пищевой промышленности используется, в основном, вода питьевого назначения. Ряд отраслей пищевой промышленности предъявляют к воде дополнительные требования, табл. 63, 64.

Таблица 63

Требования к качеству воды для производства водки, пива, безалкогольных напитков в пищевой промышленности

Показатель	ТР 10-04-03-09-88 [91, 108]		ТИ 10-5031536-73-10 [91, 107]	
	Состав и свойства воды для производства			
	водки		пива	напитков безалкогольных
	Исходная вода с общей жёсткостью			
	свыше 1 мг-экв/л	до 1 мг-экв/л		
рН, ед. рН	менее 7,8	менее 7,8	6–6,5	3–6
Cl ⁻ , мг/л	80	25	100–150	100–150
SO ₄ ²⁻ , мг/л	100	20	100–150	100–150
Mg ²⁺ , мг/л	1,3	7,0	следы	–
Ca ²⁺ , мг/л	1,3	7,0	40–80	–
K ⁺ +Na ⁺ , мг/л	100	15	–	–
щелочность, мг-экв/л	4,0	1,0	0,5–1,5	1,0
С. о., мг/л	500	100	500	500
NO ₂ ⁻ , мг/л	–	–	0	Следы
NO ₃ ⁻ , мг/л	40	40	10	10
PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,10	0,10	–	–
Al, мг/л	0,1	0,1	0,5	0,1
Cu, мг/л	0,1	0,1	0,5	1,0
Si, мг/л	7,0	3,0	2,0	2,0
Fe, мг/л	0,13	0,1	0,1	0,2
Pb, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1
П. ок, мг O ₂ /л	6,0	6,0	2,0	–
Ж., мг-экв/л	0,2	1,0	< 4	0,7
Мутность, мг/л	1,5	1,5	1,0	1,0
Цветность, градус цв-ти	0	0	10	10

Таблица 64

Допустимые содержания химических элементов (мг/л) в водах,
используемых американской промышленностью

Промышленность	Ca	Fe	Mn	Сухой остаток	Другие показатели
Пищевая		0,2	0,2		
Пивоваренная		0,1	0,1	500	pH 6,5–7 NaCl 275
Консервная	515	0,2	1		
Содовые напитки	50	0,2–0,3	0,2	850	
Кондитерская		0,2	0,2	100	
Охлаждающие напитки	12	0,5	0,5		Не корродир.

В воде для винокуренного производства не должно содержаться хлористых солей магния и кальция; в воде для сахарного производства должно быть минимальное солесодержание.

2.6.4. Требования к качеству оборотной воды

Вода на *промышленных предприятиях* используется, как правило, для вспомогательных целей и в состав продукции входит лишь на некоторых производствах в сравнительно небольших количествах. Соответственно роли, выполняемой водой в системах производственного водоснабжения, её можно разделить на четыре категории (табл. [111, с. 6, 13]):

вода I категории используется для охлаждения оборудования и продукта в теплообменных аппаратах без соприкосновения с продуктом; вода лишь нагревается и практически не загрязняется (при исправных теплообменных аппаратах);

вода II категории используется как среда, поглощающая и транспортирующая примеси, без нагрева (обогащение полезных ископаемых, гидротранспорт); вода загрязняется механическими и растворёнными примесями, но не нагревается;

вода III категории используется также как среда, поглощающая и транспортирующая механические и растворённые примеси, с нагревом (улавливание и очистка газов, гашение кокса и т. п.);

вода IV категории используется в качестве растворителя реагентов, например, при флотационном обогащении ископаемых и др.

Таблица 65

Нормативные требования к качеству воды, используемой в системах оборотного водоснабжения предприятий сахарной промышленности [111]

Показатели	Вода, используемая как среда, поглощающая и транспортирующая примеси	
	без нагрева	с нагревом
Температура, °С	10–25	До 24
Взвешенные вещества, мг/л	1200–8500	25–175
Запах, балл	2–4	2–3
рН, ед. рН	10–12	9,6–9,8
Жёсткость, мг-экв/л:		
общая	6,4–23	5,5–10
карбонатная	4–18	4–8
Щёлочность, мг-экв/л	6–12	3–7,5
Сухой остаток, мг/л	450–3500	600–950
Ca ²⁺ , мг/л	95–350	80–145
Mg ²⁺ , мг/л	20–70	15–40
Cl ⁻ , мг/л	20–140	15–125
SO ₄ ²⁻ , мг/л	10–100	150–600
Fe _{общ.} , мг/л	1–2,4	0,5–2,5
Окисляемость перманганатная, мгО/л	200–1500	25–85
БПК _{полн.} , мгО ₂ /л	400–4000	45–115
ХПК, мгО/л	600–5200	–
Биогенные элементы, мг/л:		
фосфор (в пересчёте на P ₂ O ₅)	2–9	0–4
азот, мг/л	10–30	4–55
Токсичные вещества – сапонин, мг/л	5–12	–

Таблица 66

Примерные требования к качеству оборотной воды при использовании поверхностных и подземных источников [111]

Показатели, единицы измерения	Вода I категории используемая для охлаждения оборудования и технологических продуктов в теплообменных аппаратах (через стенку)		Вода, используемая в качестве транспортирующей, поглощающей, экстрагирующей и другой среды	
	охлаждение без огневого нагрева поверхностей теплообменника	охлаждение с огневым нагревом поверхностей теплообменника ¹⁾	II категории, без нагрева (обогащение ископаемых, гидрозолюда-ление и др.)	III категории, с нагревом (улавливание и очистка газов, гашение кокса и др.);
1	2	3	4	5
Температура, °С	Определяется в зависимости от технологического процесса			
Взвешенные вещества ²⁾ , мг/л	До 50	До 20	При гравитации до 10 000 при флотации до 200	
Эфирорастворимые, мг/л	До 20	До 10	Не нормируется	
Запах, балл	До 3	До 3	До 3	До 4
рН, ед. рН	6,5–8,5	6,5–8,5	Не нормируется	6,5–9

Окончание табл. 66

1	2	3	4	5
Жёсткость, мг-экв/л:				
общая	50	-	-	-
карбонатная	До 3,5	До 2,5	Не нормируется	При очистке газов необходима обработка оборотной воды
Щёлочность общ, мг-экв/л	Не более 4	Не более 3	Не нормируется	Необходима обработка воды
Общее солесодержание ³⁾ , мг/л	До 2000	До 800		Не нормируется
Cl ⁻ , мг/л	До 350	До 150		
SO ₄ ²⁻ , мг/л	До 500	До 250		
Fe _{общ} ⁴⁾ , мг/л	1–4	0,5–1		
Окисляемость перманганатная, мг О/л	До 20	До 20	При гравитации не нормируется, при флотации 10	Не нормируется
ХПК, мг О/л	До 200	-	Не нормируется	
БПК ₅ , мг О ₂ /л	15–20	-		
Биогенные элементы в добавочной воде, мг/л:				
азот общий	150	150		
фосфор (в пересч. на Р ₂ О ₅)	5	-		

Примечания:

- 1) В металлургических печах применяется испарительное охлаждение (кипящей водой).
- 2) Уточняется в зависимости от скорости движения охлаждающей воды в теплообменных аппаратах и от гидравлической крупности взвешенных веществ.
- 3) Допустимо без применения ингибитора коррозии.
- 4) Больше содержание допустимо при отсутствии карбонатных отложений.

2.6.5. Требования к качеству воды для приборостроительных целей

Весьма специфические требования предъявляют к воде, применяемой для *обработки готовой продукции, а также к воде, входящей в состав продукта.*

К воде, подаваемой из источника на технологические нужды предприятий (вода II категории), специальные требования предъявляются только в том случае, если она используется для процессов промывки деталей в гальванических цехах (табл. 67).

Таблица 67

**Нормативные требования к качеству воды, используемой
приборостроительными заводами**

Показатели	Вода, используемая как среда, поглощающая и транспортирующая примеси (без нагрева)	
	в гальванических цехах	для прочих потребителей
Температура, °С	До 28	До 28
Взвешенные вещества, мг/л	До 5	До 30
Эфирорастворимые, мг/л	До 9,3	До 1
Запах, балл	До 3	До 3
Цветность, град. цветности	До 3	Не нормируется
рН, ед. рН	7–7,5	7,2–8,5
Жёсткость добавочной воды, мг-экв/л:		
общая	До 2	До 7
карбонатная	До 2	До 3
Щёлочность общая (оборотной воды), мг-экв/л	До 2	До 4
Сухой остаток, мг/л	До 50	До 2000
Ca ²⁺ , мг/л	До 10	200–300
Mg ²⁺ , мг/л	До 0,5	200–300
Cl ⁻ , мг/л	До 40	350
SO ₄ ²⁻ , мг/л	До 40	500
Fe _{общ.} , мг/л	До 0,5	1–3
Ионы тяжёлых металлов, мг/л	До 1	Не нормируется
ПАВ, мг/л	До 10	До 10
Вещества, растворимость которых уменьшается при нагревании, мг/л	Отсутствие	Отсутствие
Окисляемость перманганатная, мг О/л	До 10–15	До 10–15
БПК _{полн.} , мг О ₂ /л	15–20	15–20
Биогенные элементы, мг/л:		
фосфор (в пересчёте на Р ₂ О ₅)	До 1,5	До 2
азот	До 1,5	До 2
Вещества, мешающие повторному использованию воды, мг/л	рН = 2–5, соли тяжёлых металлов до 500 мг/л	Na ₃ PO ₄ , Na ₂ CO ₃ , ОП-7, нефтепродукты, растворители, краски
Токсичные вещества, мг/л	Цианиды до 300 мг/л	Моноэтаноламин, тетрахлорэтан, растворители
Фенолпроизводные, мг/л	До 50 мг/л	Отсутствие
Пирофосфорные вещества (возгораемые), мг/л	Отсутствие	Отсутствие
Вещества, выделяющиеся при нагревании с образованием взрывоопасных смесей, мг/л	Отсутствие	Отсутствие

Таблица 68

**Требования к воде для гальванических производств
по ГОСТ 9.314-90 [91, 34]**

№ п/п	Показатель	Норма для категории		
		1	2	3
1	Водородный показатель, ед. pH	6,0–9,0	6,5–8,5	5,4–6,6
2	Общая минерализация (сухой остаток), мг/л, не более	1000	400	5,0*
3	Жесткость общая, мг-экв/л	7,0	6,0	0,35*
4	Мутность, мг/л, не более	2,0	1,5	–
5	Сульфаты, мг/л, не более	500	50	0,5*
6	Хлориды, мг/л, не более	350	35	0,02*
7	Нитраты, мг/л, не более	45	15	0,2*
8	Фосфаты, мг/л, не более	30	3,5	1,0
9	Аммиак, мг/л, не более	10	5,0	0,02*
10	Нефтепродукты, сумм., мг/л, не более	0,5	0,3	–
11	ХПК, мг О/л, не более	150	50	–
12	Остаточный хлор, мг/л, не более	1,7	1,7	–
13	Поверхностно-активные вещества (ПАВ), мг/л, не более	5,0	1,0	–
14	Ионы тяжёлых металлов, мг/л, не более	15	5,0	0,4
	в том числе:			
	железо (Fe, суммарно)	0,3	0,1	0,05
	медь (Cu, суммарно)	1,0	0,3	0,05
	Никель (Ni, суммарно)	5,0	1,0	–
	Цинк (Zn ²⁺)	5,0	1,5	0,2*
15	Хром (Cr ³⁺)	5,0	0,5	–
	Удельная электропроводность, См/м	2·10 ⁻³	1·10 ⁻³	5·10 ⁻⁴

* Нормы компонентов для воды 3-й категории определяются по ГОСТ 6709.

В гальваническом производстве следует применять системы многократного использования воды, обеспечивающие регенерацию воды и рекуперацию ценных компонентов. Область применения воды приведена в табл. 69.

Таблица 69

Категория воды в гальваническом процессе и область её применения

Категория воды	Область применения	Дополнительные указания
1	Промывка деталей в операциях подготовки поверхности к покрытию, кроме категорий 2 и 3	–
2	Приготовление электролитов и промывка во всех случаях, кроме перечисленных для воды 3-й категории	Вода, использованная на промывку, может быть применена повторно как вода 1-й категории
3	Приготовление электролитов и промывка перед обработкой в электролитах (растворах), составленных на воде 3-й категории, а также при специальных требованиях к качеству и внешнему виду. Для особо ответственных деталей	Вода, использованная на промывку, может быть применена повторно как вода 1-й и 2-й категорий

Лабораторно-производственный контроль качества воды проводят не менее 1 раза в сутки по показателям 1, 6, 14, 15 (табл. 68), а по остальным показателям – не менее 1 раза в 3 месяца.

2.6.6. Требования к качеству воды для паросилового хозяйства (ГРЭС, ТЭЦ, АЭС)

Вода для нужд паросилового хозяйства не должна образовывать накипи, вызывать коррозию металла и вспенивание котловой воды, не должна способствовать уносу солей с паром. Применение жесткой воды приводит к образованию накипи на поверхности нагрева, что ухудшает теплопередачу, вызывает перерасход топлива и перегрев металла, а в конечном счете в результате образования свищей и отдушин происходит разрыв экранных и кипятильных труб и др. Термический распад бикарбонатов, сопровождаемый возрастанием концентраций других растворенных в воде солей (что связано с непрерывным выпариванием), приводит к выпадению их из раствора и образованию накипи на стенках котла. При этом наибольшую опасность представляют соли: карбонат кальция, силикаты магния и кальция, сульфат кальция, образующие твердую накипь; карбонат, сульфат, фосфат и хлорид натрия, которые осаждаются только из высоко концентрированных растворов, формируя накипь в виде рыхлого шлама. Присутствие этих солей снижает растворимость солей магния и кальция и поэтому способствует образованию накипи.

Вспенивание котловой воды вызывается наличием фосфатов, щелочей, нефти, смазочных масел и синтетических поверхностно-активных веществ. Оно приводит к загрязнению пара и отложению примесей на лопатках турбин. Хлориды и сульфаты способствуют уменьшению вспенивания, коагулируя коллоидные соединения фосфатов.

В деле обеспечения надёжной, безопасной и экономичной эксплуатации объектов энергетики не последнее место занимает повышение *требований к качеству водного теплоносителя объектов разного назначения* [59]. Требования к качеству пара и питательной воды приведены в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей» [87], например для объектов разного назначения, табл. 70–73.

Таблица 70

Качество насыщенного и перегретого пара для котлов
с естественной циркуляцией [59, с. 273]

Показатель	Номинальное давление за котлом, кгс/см ²		
	40 (3,9 МПа)	100 (9,8 МПа)	140 (13,8 МПа)
Содержание соединений <i>натрия</i> , мкг/дм ³ , не более:			
для ГРЭС	60	15	5
Для ТЭЦ	100	25	5
Содержание <i>кремниевой кислоты</i> для котлов давлением 70 кгс/см ² и выше на ГРЭС должно быть не более 15 мкг/дм ³ , на ТЭЦ – не более 25 мкг/дм ³ .			

Таблица 71

Качество питательной воды котлов с естественной циркуляцией [59, с. 273]

Показатель	Номинальное давление за котлом, кгс/см ²		
	40 (3,9 МПа)	100 (9,8 МПа)	140 (13,8 МПа)
Общая жёсткость, мкг-экв/дм ³ , не более для котлов:			
– на жидком топливе	5	1	1
– на других видах топлива	10	3	1
Содержание соединений железа, мкг-экв/дм ³ , не более для котлов:			
– на жидком топливе	50	20	20
– на других видах топлива	100	30	20
Содержание соединений меди в воде перед деаэратором, мкг/дм ³ , не более для котлов:			
– на жидком топливе	10	5	5
– на других видах топлива	Не норм-ся	5	5
Содержание растворённого кислорода в воде после деаэратора, мкг/дм ³ , не более	20	10	10
Содержание нефтепродуктов, мг/дм ³ , не более	0,5	0,3	0,3
Значение pH, ед. pH	8,5–9,5	9,1 ± 0,1	9,1 ± 0,1
Содержание кремниевой кислоты, мкг/кг, не более:			
– для ГРЭС	80	80	40
– для ТЭЦ	Устанавливается теп-лохимическими испы-таниями		120

Таблица 72

Нормы качества воды первого контура АЭС
с реактором ВВЭР-1000 при работе на мощности [59, с. 276]

Наименование показателя	Значение показателя
Значение pH при 25 °С, ед pH	5,7–10,2
Суммарная концентрация хлорид-ионов и фторид-ионов, мг/дм ³ , не более	0,1
Концентрация кислорода, мг/дм ³ , не более	0,005
Концентрация водорода при 0 °С и 0,1 МПа, см ³ /кг	30–60
Концентрация ионов меди, мг/дм ³ , не более	0,02
Концентрация железа при установившемся режиме работы, мг/дм ³ , не более	0,2
Концентрация борной кислоты, г/дм ³	От 0 до 13,5
Суммарная концентрация ионов калия, лития и натрия в зависимости от концентрации борной кислоты, мг-экв/дм ³	0,05–0,035
Концентрация аммиака, мг/дм ³ , не более	5,0
Суммарная удельная радиоактивность по изотопам йода, Бк/дм ³ , не более	$3,7 \cdot 10^8$

Таблица 73

Нормы качества водного теплоносителя реактора РБМК-1000
при эксплуатации [59, с. 277-278]

Наименование показателя	Вода контура многократной принудительной циркуляции	Конденсат турбин после конденсатоочистки	Питательная вода	Насыщенный пар
pH при 25 °С, ед. pH	6,5–8,0	6,8–7,1	6,8–7,1	-
α при 25 °С, мкСм/см, не более	1,0	0,1	0,1	-
Массовая концентрация Cl ⁻ +F ⁻ , мкг/дм ³ , не более	100	4	4	-
Ж, мкг-экв/дм ³ , не более	5	0,2	0,2	-
Массовая концентрация кремниевой кислоты (SiO ₃ ²⁻), мкг/дм ³	1000	-	-	10
Массовая концентрация O ₂ , мкг/дм ³ , не более	-	50	20	-
Массовая концентрация Na, мкг/дм ³ , не более	-	3	-	-
Массовая концентрация, продуктов коррозии Fe, мкг/дм ³ , не более	50	10	-	-
Массовая концентрация продуктов коррозии Cu, мкг/дм ³ , не более	20	2	2	-
Массовая концентрация масла, мкг/дм ³ , не более	200	-	100	-

При оценке качества питательной воды особое внимание необходимо уделять щелочам, которые являются активными пептизаторами и переводят в коллоидное состояние грубодисперсные вещества, создавая опасность загрязнения пара. Присутствие в питательной воде котлов высокого давления кремниевой кислоты приводит к формированию плотной с низкой теплопроводностью накипи.

2.6.7. Требования к качеству воды для целлюлозно-бумажной промышленности

К *целлюлозно-бумажной промышленности* относятся производства полуфабрикатов (древесной массы, целлюлозы и полуцеллюлозы), бумаги и картона, а также переработка побочных продуктов. Белая древесная масса изготавливается из древесины хвойных пород (еловой или пихтовой) на высокоскоростных дефибрерах. При производстве древесной массы имеется возможность полностью использовать *отработанные воды* этого производства в виде оборотных вод без ущерба для качества вырабатываемой массы. Волокно содержащие воды, отходящие от сгустителей, поступают в сборник оборотной воды, откуда она подаётся на все участки технологического процесса – спрыски дефибреров, щеполовки, сортировки и сгустители. *Свежая вода* используется только на нетехнологические нужды: на охлаждение подшипников дефибреров, для промывки аппаратуры и мытья полов. Причём предусматривается последовательное использование охлаждающей воды от подшипников дефибреров на сальниковые уплотнения и на разбавление отходов от последней ступени центрифуг. Система водоснабжения оборотная с повторным и последовательным использованием воды. Требования к качеству воды, используемой для технологических целей при производстве древесной массы, приведены в табл. 74.

Таблица 74

Нормативные требования к качеству технологической воды
для целей целлюлозно-бумажной промышленности [111, с. 291]

Показатель	Вода, используемая при производстве				
	белой древесной массы	сульфитной небелёной целлюлозы и полуцеллюлозы для массовых видов бумаги и картона	Сульфитной небелёной целлюлозы для бумаги и картона	Сульфитной сульфатной белёной целлюлозы для массовых видов бумаги	Целлюлозы для химической переработки
1	2	3	4	5	6
Температура, °С, не более	70	70 ^{**))}	70	70 ^{**))}	70 ^{**))}

Продолжение табл. 74

1	2	3	4	5	6
Взвешенные вещества, мг/л	Не нормируются ^{*)}	15 ^{***)}	15 ^{***)}	0	0
Запах, балл	2	3	4	0	Не нормируется
Цветность, град. цв.	35–50	30	Не нормируется	15	15
Мутность, мг SiO ₂ /л	50	-	20	10	5
Прозрачность (по шрифту), см	-	30	-	-	-
pH, ед. pH	6,0–8	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–7,5	4,0–7,5
Ж., общ, мг-экв/л	6,5–7,5	7	7	4	0,03
Ж, карбон., мг-экв/л	Не нормируется	3	3	3	Не нормируется
Щёлочность общая, не более, мг-экв/л		3	3	3	
Общее содержание растворённых веществ, мг/л	Не нормируется	600	1100	500	120
Солесодержание, не более, мг/л	500	500	1000	Не норм.	115
Fe _{общ.} , мг/л	Не нормир.	0,3	Не нормир.я	0,1	0,1
Mn ²⁺ , мг/л		0,15		0,05	0,05
Ca ²⁺ , мг/л	95	95	95	54	0,42
Mg ²⁺ , мг/л	28	28	28	16	0,12
Cl ⁻ , мг/л	Не нормируется	50	100	50	
SO ₄ ²⁻ , мг/л		Не нормируется			
SiO ₃ ²⁻ , мг/л		30	30	25	5
Свободная углекислота, мг/л	25	Не норм.	Не норм.	10	10
Перманганатная окисляемость, мгО/л	Не нормир.	50	100	20	15
1	2	3	4	5	6
ХПК, не более, мгО/л	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	25	20
БПК ₅ , не более, мгО ₂ /л	Не нормируется	10	20	7	5

Примечания:

^{*)} – в воде, используемой в спрысках дефибреров, содержание взвешенных веществ не должно превышать 800 мг/л.

^{**)} – для приготовления водных растворов двуокиси хлора и сернистого газа, а также кислоты при сульфитной варке на кальциевом основании температура воды должна быть не более 7 – 8 °С.

^{***)} – концентрация взвешенных веществ дана после микрофильтров

Вопросы для самоконтроля

1. Показатели и их нормативы для качества вод как источников питьевого водоснабжения.
2. Показатели и их нормативы для качества централизованного и нецентрализованного водоснабжения.
3. Показатели и их нормативы для качества вод минеральных, лечебных, лечебно-столовых и столовых питьевых.
4. Показатели и их нормативы для качества вод питьевых первой и высшей категории, предназначенных для бутилирования.
5. Показатели и их нормативы для качества физиологически полноценных питьевых вод.
6. Показатели и их нормативы для качества вод рекреационного назначения.
7. Требования к качеству вод, используемых в пищевой, тепло- и атомноэнергетической промышленности.
8. Качество вод, используемых в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.
9. Качество вод, используемых в строительстве.
10. Требования к качеству вод при инженерно-геологических изысканиях для строительства.
11. Качество вод, используемых для рыборазведения.
12. Качество вод, используемых для орошения растений, земли.

Глава 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОД

3.1. Методы контроля качества вод

В связи с использованием комбинаций ответственных показателей состава и свойств вод при оценке качества вод разного назначения **контроль качества воды** проводится проверкой соответствия показателей воды установленным показателям для данного вида пользования и их нормам *дифференциальным, комплексным и интегральным методами*.

Принимая воду как продукцию, вслед за ГОСТ 15467-79 и СТ СЭВ 3519-81, дадим следующие определения методам контроля качества воды.

Дифференциальный метод КОНТРОЛЯ качества вод – метод, основанный на использовании **единичных** показателей её качества. *Единичный показатель качества воды* – показатель, характеризующий одно из её свойств.

Комплексный метод КОНТРОЛЯ качества вод – метод, основанный на использовании **комплексных** показателей её качества. *Комплексный показатель качества воды* – показатель, характеризующий несколько её свойств.

Интегральный метод КОНТРОЛЯ качества вод – метод, основанный на использовании *суммы показателей её качества*.

Среднеарифметический интегральный метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании среднеарифметической суммы показателей её качества.

Среднегеометрический интегральный метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании среднегеометрических показателей её качества.

Гигиенический метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании санитарно-гигиенических показателей её качества.

Рыбохозяйственный метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании рыбохозяйственных показателей качества воды.

Микробиологический метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании микробиологических показателей её качества.

Экологический метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании комплекса экологических показателей её качества.

Экономический метод КОНТРОЛЯ качества воды – метод, основанный на использовании экономических показателей качества воды.

Таким образом, контроль качества воды для конкретного водопользования может быть выполнен различными методами.

Например:

1) по одному показателю, – *дифференциальный метод* оценки качества воды, по величине минерализация или бальнеологически активного компонента воды при оценке качества минеральных вод;

2) по нескольким несколькими показателями, *комплексный метод* оценки качества воды, при одновременном использовании значений pH, мутности, общей жёсткости, железа, марганца, перманганатной окисляемости, микробиологических показателей воды при оценке её качества для целей использования как источника водоснабжения;

3) по формуле суммирования, связывающей значения компонентов в воде с их нормой, $\sum C_i / ПДК_i$ – *интегральный метод* оценки качества воды.

3.2. Фициенты и дополнительные показатели контроля качества вод

Оценка качества вод питьевого, хозяйственно-бытового, рыбохозяйственного, различного промышленного назначения проводится *контролем величины коэффициентов, связывающих значения показателей состава и свойств воды с их нормативными значениями*. Для оценки экологического состояния водного объекта кроме показателей химического, физического, бактериологического, радиационного состава и свойств вод широко используются *дополнительные гидрогеохимические показатели*, связанные с пространственным и временным состоянием природных вод.

В *дифференциальном и комплексном методах контроля качества вод* для оценки экологического состояния водного объекта, территории используются ниже приведенные *геохимические показатели и коэффициенты* [18, 38, 63, 93], без скобок наиболее часто употребляемый индекс:

1) Гидрогеохимический показатель *кларк* – K , где K – среднее содержание химического элемента в какой-либо космической или геохимической системе (А.Е. Ферсман, 1934);

2) Гидрогеохимический показатель *местный кларк* – C (C_i), где C_i – среднее содержание химического элемента в данном объекте (Н.Г. Гуляева, 2002);

3) *Коэффициент кларк концентрации* – K_k , где K_k – отношение содержания химического элемента в конкретном природном объекте (C_i) к кларку литосферы (K)

(В.И. Вернадский. 1954);

$$K_k = C_i / K; \quad (17)$$

4) Гидрогеохимический показатель *фон* – C_ϕ (C_i, ϕ),

где $C_{i, \phi}$ – среднее содержание химического элемента в пределах однородного участка, в удалении от явных аномалий (А.П. Соловов, 1985);

5) Коэффициент концентрации – K_c :

$$K_c = C_i / C_{i, \phi}, \quad (18)$$

K_c – отношение содержания элемента в исследуемом объекте (C_i) к его фоновому содержанию в соответствующем компоненте окружающей среды ($C_{i, \phi}$) [38, 63];

6) Предельно допустимые концентрации – $ПДК$, где $ПДК$ – максимальная концентрация поллютанта в природном теле за определённый период осреднения наблюдений (сутки, месяц, год), не оказывающая при принятой по результатам экспериментальных наблюдений вероятности проявления какого-либо вредного воздействия на живой организм (Ю.Е. Саёт, 1990).

7) Коэффициент концентрации по $ПДК$ – $K_{ПДК}$:

$$K_{ПДК} = C_i / ПДК_i, \quad (19)$$

где $K_{ПДК}$ – отношение содержания элемента в исследуемом объекте (C_i) к его $ПДК_i$ в соответствующем компоненте окружающей среды [18, 38].

Например:

$K_{ПДК, n} = C_i / ПДК_{i, n}$ – коэффициент концентрации по $ПДК$ компонентов питьевых вод;

$K_{ПДК, p} = C_i / ПДК_{i, p}$ – коэффициент концентрации по $ПДК$ компонентов вод для рыборазведения;

$K_{ПДК, лтв} = C_i / ПДК_{i, лтв}$ – коэффициент концентрации по $ПДК$ компонентов вод с одинаковым лимитирующим показателем вредности;

8) Коэффициент интенсивности загрязнения – $K_{ин}$ – превышение содержаний токсичных элементов ($C_{i, токсич.}$) над их природным уровнем ($C_{прир, токсич.}$) [38, 17]:

$$K_{ин} = C_{i, токсич.} / C_{i, прир, токсич.} \quad (20)$$

При **интегральном методе контроля** качества вод используются коэффициенты и показатели [14, 34, 55, 81]:

1) суммарный коэффициент концентрации – ΣK_c :

$$\Sigma K_c = \Sigma (C_i / C_{\phi}), \quad (21)$$

где ΣK_c – суммарный показатель загрязнения (концентрации) – аддитивная сумма превышения коэффициентов концентрации (рассеяния) над единичным (фоновым) уровнем (Ю.Е. Саёт, 1990), в литературе встречаются обозначения Z_c (СПК, СПЗ);

2) суммарный коэффициент кларков концентраций на фоновых участках – $\Sigma K_{к, \phi}$:

$$\Sigma K_{к, \phi} = \Sigma (C_{i, \phi} / K_i), \quad (22)$$

где $\Sigma K_{\kappa\phi}$ – показатель природной экологической опасности (ПЭО) – аддитивная сумма кларков концентраций на фоновых участках [38], (А.И. Морозова, 1997);

3) Суммарный коэффициент по ПДК компонентов – $\Sigma K_{\text{ПДК}}$ [73]:

$$\Sigma K_{\text{ПДК}} = \Sigma (C_i / \text{ПДК}_i). \quad (23)$$

Например, суммарный коэффициент по ПДК компонентов с одинаковым лимитирующим признаком вредности ($K_{p, \text{ЛПВ}}$) [73]:

$$\Sigma K_{\text{ПДК, ЛПВ}} = K_{p, \text{ЛПВ}} = \Sigma (C_i, \text{ЛПВ} / \text{ПДК}_i, \text{ЛПВ}), \quad (24)$$

где $K_{p, \text{ЛПВ}}$ – коэффициент, равный сумме отношений концентраций компонентов с одинаковым лимитирующим признаком вредности $C_{i, \text{ЛПВ}}$ к их $\text{ПДК}_{i, \text{ЛПВ}}$.

4) суммарный среднеарифметический коэффициент по ПДК – Π [73]:

$$\Pi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} C_i / \text{ПДК}_i, \quad (25)$$

где Π – обобщённый показатель, равный среднему арифметическому отношений $C_i / \text{ПДК}_i$ по ингредиентам со значением $C_i / \text{ПДК}_i > 1,0$.

Пример 1 – суммарный среднеарифметический коэффициент – индекс загрязнённости вод (**ИЗВ**) [119; 67; 92]:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i / \text{ПДК}_i}{n}, \quad (1)$$

где C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); n – число показателей, используемых для расчёта индекса, $n = 6$; ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Пример 2 – суммарный среднеарифметический коэффициент микробиологического метода контроля качества воды – индекс сапробности (**S**) [119; 67]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i}, \quad (27)$$

где S_i – значение сапробности гидробионта, которое задаётся специальными таблицами; h_i – относительная встречаемость микроорганизмов (в поле зрения микроскопа); N – число выбранных индикаторных организмов.

5) Примером интегрального среднегеометрического коэффициента качества вод является обобщённая функция Харрингтона – D по Г.Д. Фрумину и Л.В.Баркану, 1997 [119]. Обобщённая функция Харрингтона D определяется как среднегеометрическое число частных показателей желательности (d) по формуле 29:

$$D = (d_1 d_2 d_3 \dots d_n)^{1/n}, \quad (28)$$

$$d_i = e^{-e^{p_i}}. \quad (29)$$

Показателем степени этой функции является безразмерная величина p_i , рассчитываемая по формуле 30:

$$p_i = b_0 + b_1 C_i / ПДК_i, \quad (30)$$

где C_i и $ПДК_i$ – наблюдаемая и предельно допустимая концентрация i -го ингредиента, b_0 и b_1 – специально рассчитанные коэффициенты, зависящие от типа ингредиента и класса качества воды по ГОСТ 2761-84.

Согласно принципу средних, среднегеометрическая по численному значению меньше, чем среднеарифметическая, поэтому описанный подход даёт более жёсткую оценку качества воды, чем, например, традиционно используемый в системе Роскомгидромета индекс загрязнённости вод $ИЗВ$.

6) *К интегральному методу контроля качества вод* относится метод определения показателя, *общего индекса загрязнения вод* $X_{сум}$, отражающего дозу воздействия компонентов воды на рыб [66].

$X_{сум}$, определяется как сумма трёх составляющих компонентов-загрязнителей по формуле 31:

$$X_{сум} = X_{токс} + X_{ф-х} + X_{эфт}, \quad (31)$$

где $X_{токс}$ – *суммарный коэффициент по ПДК_р токсичных элементов* – степень загрязнения токсическими веществами оценивается суммой превышений концентрации соответствующих элементов (C_i) к их предельно допустимым концентрациям ($ПДК_{р,i}$):

$$X_{токс} = \sum C_i / ПДК_{р,i}, \quad (32)$$

$X_{ф-х}$ – *суммарный коэффициент концентрации* – степень загрязнения водоёма сульфат-ионами, взвешенными веществами и общей минерализацией, по которым кратность превышения концентраций относится не к $ПДК_{р,i}$, а к максимальным фоновым значениям ($C_{фон. max i}$):

$$X_{ф-х} = \sum (C_i / C_{фон. max i} - 1), \quad (33)$$

$X_{эфт}$ – *специальный показатель эвтрофикации* рассчитывается по формуле 34:

$$X_{эфт} = K(C_{фос} / C_{фон. фос} - 1), \quad (34)$$

где $C_{фос}$ и $C_{фон. фос}$ – анализируемые и фоновые значения концентраций минерального фосфора, K – дополнительный коэффициент, зависящий

от состояния водоёма (для мезотрофных водоёмов $K = 2$, а для эвтрофных водоёмов $K = 3$).

При **экологическом контроле** качества вод различного назначения возможно использование нескольких комплексов коэффициентов и показателей.

Пример 1. При характеристике экологической обстановки территории по качеству поверхностных вод хозяйственно-бытового назначения [38] используются пять коэффициентов-показателей *только для токсичных элементов* воды и концентрация фосфат-иона:

$$K_C; K_{ПДК, 1-2 \text{ кл. оп.}}; K_{ПДК, 3-4 \text{ кл. оп.}}; K_{ПДК, (NO_2^- + NH_4^+)}; K_{ПДК, (NO_3^-)}; C_{PO_4^{3-}};$$

где K_C – коэффициент концентрации – отношение содержания элемента в исследуемом объекте (в воде) к его фоновому содержанию в соответствующем компоненте окружающей среды (в воде) [38, 63],

$$K_C = \frac{C}{C_\phi};$$

$K_{ПДК}$ – коэффициент концентрации по ПДК – отношение содержания элемента в исследуемом объекте (в воде) к величине его ПДК в соответствующем компоненте окружающей среды (в воде), т. е. для i -го элемента $K_{ПДК_i} = \frac{C_i}{ПДК_i}$.

Пример 2. В качестве оригинального **экологического контроля** качества природных вод в публикациях рядом авторов предложена величина, учитывающая одновременно кларковое, естественное и нормативное состояние водного объекта – показатель **3 %** [43].

3 % – процент загрязнения водной среды компонентом i при его концентрации (C_i) относительно кларка компонента в водах зоны гипергенеза ($K_{i, \text{з}}$) или относительно кларка компонента в речных водах

($K_{i, \text{р}}$) с учётом нормативных требований к этим водам.

$$3\% = 100\% - 100 \cdot \left(\frac{ПДК_i - C_i}{ПДК_i - K_i} \right) \% = \left(1 - \frac{ПДК_i - C_i}{ПДК_i - K_i} \right) \cdot 100\%, \quad (35)$$

где **3 %** – процент загрязнения – разность между исходным мировым экологическим резервом исследуемого водного объекта ($ПДК_i - K_i$), принятым за 100 %, и процентом оставшегося экологического резерва после имеющегося загрязнения воды i -компонентом

$$\left(100 \cdot \frac{ПДК_i - C_i}{ПДК_i - K_i} \right) \%. \quad (36)$$

Причем, для вод питьевого назначения используют $ПДК_n$, для вод рыбохозяйственного назначения $ПДК_p$.

При содержании компонента i в воде меньше величины его кларка ($C_i < K_i$) величина его процента загрязнения будет *отрицательной*.

При содержаниях i -того компонента в исследуемом водном объекте больше величины его кларка ($C_i > K_i$) величина его процента загрязнения будет *положительной*.

Характеристика вод величиной загрязнения компонентом в процентах относительно его ПДК и мирового кларка в водах зоны гипергенеза или речных водах *позволяет выявить вклад* водного объекта в водную экологическую обстановку Земли.

При **экономическом методе контроля** качества вод учитывается рентабельность (P) использования водного объекта. *Рентабельность* (P) характеризует относительную величину прибыли, т. е. отношение абсолютной суммы прибыли (Π) к затратам ($З$) [122]:

$$P = \frac{\Pi}{З}. \quad (37)$$

Затраты формируются из экономических показателей, идущих:

- на создание зоны санитарной охраны;
- на обустройство;
- на обслуживание скважины (подземный водный объект) или насосной станции (поверхностный водный объект);
- на водоподготовку, в которой затраты изменяются в зависимости от качественных показателей воды;
- на транспортировку воды к потребителю и т. д.

3.3. Примеры контроля качества вод различными методами по коэффициентам контроля

3.3.1. Контроль качества питьевой воды

Контроль качества питьевой воды централизованного водоснабжения по СанПиН 2.1.4.1074-01 проводится проверкой соответствия показателей качества воды установленным нормам ПДК_н (табл. 9–13) **комплексным методом** с использованием **коэффициента концентрации по ПДК**:

$$K_{\text{ПДК}} = C_i / \text{ПДК}_i \leq 1, \quad (38)$$

интегральным методом при обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1-ому и 2-ому классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности. При этом **сумма коэффициентов концентрации по ПДК** для веществ 1-го и 2-го классов опасности не должна превышать 1:

$$\Sigma K_{\text{ПДК}} = \Sigma (C_i / \text{ПДК}_i) \leq 1. \quad (39)$$

Если хоть один из показателей состава и свойств воды не удовлетворяет выше указанным коэффициентам, то **вода не соответствует требуемому качеству питьевой воды**.

3.3.2. Контроль качества вод для рыборазведения

Контроль качества воды для рыбохозяйственного назначения проводится проверкой соответствия показателей качества воды установленным нормам *ПДК_р комплексным методом и интегральным методом*.

Пример 1. Контроль качества воды для рыбохозяйственного назначения *комплексным методом* [80] основан на расчете **коэффициента концентрации по ПДК** (табл. 26–28).

Согласно требованиям «Перечня...» [80] качество воды для рыбохозяйственного назначения должно удовлетворять условию

$$K_{ПДКр, i} = C_i / ПДК_{р, i} \leq 1, \quad (40)$$

где C_i – концентрация компонента в природной воде, $ПДК_{р, i}$ – норматив компонента для вод рыбохозяйственного назначения.

При невыполнении условия $C_i / ПДК_{р, i} \leq 1$ качество воды **не пригодно для рыбохозяйственных целей**.

Пример 2. Контроль качества воды для рыбохозяйственного назначения *интегральным методом* [66].

В отличие от привычного табличного представления связи показателей, коэффициентов и их нормативов с качеством вод [80, 119] в работе [66] эта связь представлена **доза-эффектными зависимостями**:

$$Y_{пат} - X_{сум}, Y_{ин} - X_{сум}, Y_{кр, нб} - X_{сум},$$

где $X_{сум}$ – суммарный *показатель гидрохимической информации* о составе и свойствах воды. Интегрированный показатель $X_{сум}$ отражает *дозу воздействия* показателей (критериев) качества воды на различное физиологическое состояние рыб.

$Y_{пат}$, $Y_{ин}$, $Y_{кр, нб}$ – *биологические критерии*, отражающие клинические патолого-морфологические и гематологические показатели заболеваемости рыб):

$Y_{пат}$ – % рыб в стаде с патологическими отклонениями;

$Y_{ин}$ – средний балл тяжести заболевания (интенсивность проявления патологий) в локальных зонах;

$Y_{кр, нб}$ – % рыб с концентрацией гемоглобина в крови менее 8 г %,

$X_{сум}$ – *общий индекс загрязнения воды* определяется по формуле 31, 41:

$$X_{сум} = X_{токс} + X_{ф-х} + X_{эфт}, \quad (41)$$

$X_{токс}$ – *суммарный коэффициент по ПДК токсичных компонентов* (табл. 26) по формуле 32, 42:

$$X_{токс} = \sum C_i / ПДК_{р, i}, \quad (42)$$

$X_{\phi-x}$ – суммарный коэффициент концентрации сульфат-ионов, взвешенных веществ и общей минерализации по формуле 33, 43:

$$X_{\phi-x} = \sum (C_i / C_{\text{фон. max } i} - 1), \quad (43)$$

$X_{\text{эфт}}$ – превышение коэффициента концентрации фосфат-иона над фоном с учётом эвтрофикации водоёма по формуле 34, 44:

$$X_{\text{эвт}} = K (C_{\text{фос}} / C_{\text{фон. фос}} - 1), \quad (44)$$

для мезотрофных водоёмов $K=2$, а для эвтрофных водоёмов $K=3$.

Т.И. Моисеенко [66] констатирует, что наиболее достоверная зависимость описывается логарифмической кривой за исключением рыб с концентрацией гемоглобина ниже критических значений (рис. 5).

Доза-эффектная зависимость $Y_{\text{пат}} - X_{\text{сум}}$ описывается уравнением 45:

$$Y_{\text{пат}} = 32,935 \ln (X_{\text{сум}}) - 66,895. \quad (45)$$

Доза-эффектная зависимость $Y_{\text{ин}} - X_{\text{сум}}$ описывается уравнением 46:

$$Y_{\text{ин}} = 1,3793 \ln (X_{\text{сум}}) - 2,3969. \quad (46)$$

Доза-эффектная зависимость $Y_{\text{кр, Нб}} - X_{\text{сум}}$ описывается уравнением 47:

$$Y_{\text{кр, Нб}} = 0,4226 X_{\text{сум}} - 1,4556. \quad (47)$$

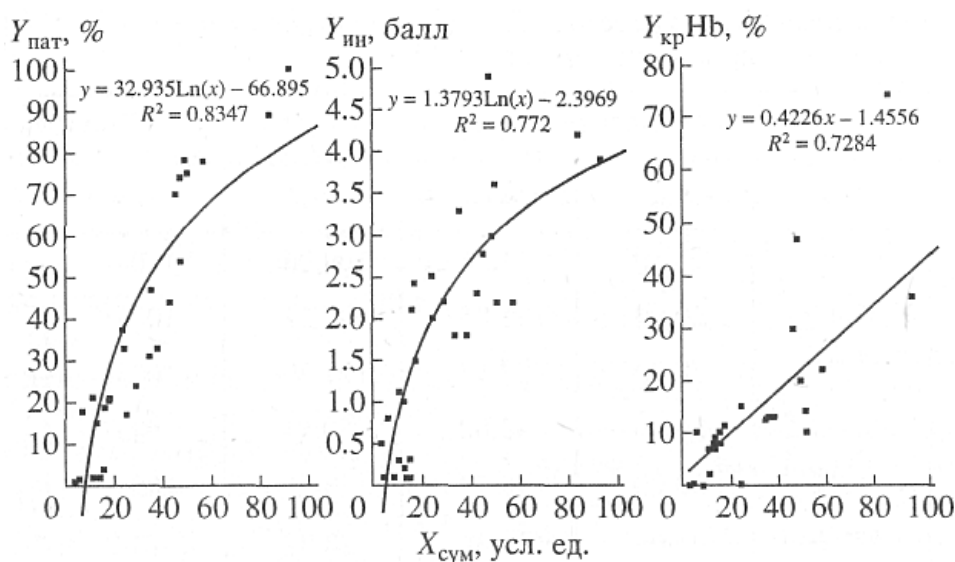


Рис. 5. Зависимости между суммарным показателем качества вод ($X_{\text{сум}}$, усл. ед.) и биологическими критериями

В работе [66] в качестве примера рассчитаны значения допустимого уровня загрязнения, вызывающие 0,5 и 1,0; 10 и 50%-ю заболеваемость рыб в водоеме оз. Имандра, Субарктика, – соответственно, 7,7; 7,9; 8,9; 10,3 и 34,8 ед. суммарного индекса загрязнения. Например, по данным рис. 5 видно, что в интервале показателей индекса загрязнения вод $X_{\text{сум}}$ до 35 усл. ед. происходит деградация рыбных запасов. При этом патологическая заболеваемость в стаде до 50 % ($Y_{\text{пат}}$); интенсивность заболеваемости ($Y_{\text{ин}}$) до 2,5 балла; постоянная элиминация особей в стаде от хронических токсикозов $Y_{\text{кр, Нб}}$ до 10 %.

Поскольку рассчитанные зависимости отражают реальную закономерность реакции организма рыб на комплексное загрязнение, то они являются рабочим инструментом, позволяющим в обратном порядке рассчитывать допустимый уровень загрязнения.

Предложенная методика на современном уровне знаний позволяет не только вычислить суммарный индекс качества воды, но и оценить вклад каждого вида загрязнения, а также выявить приоритетность происходящих процессов в водоеме или на его участках.

3.3.3. Контроль качества поверхностных вод [38, с. 41]

Метод контроля качества поверхностных вод связан с назначением воды и обязательно использует коэффициент концентрации компонента воды относительно фоновое содержание и коэффициент концентрации компонента воды относительно его ПДК.

Пример 1. В контроле качества поверхностных вод питьевого назначения применяется дифференциальный и комплексный методы при использовании коэффициента концентрации – K_C :

$$K_{C_i} = \frac{C_i}{C_{ф,i}},$$

где C_i – содержание компонента i в воде; $C_{ф,i}$ – фоновое содержание компонента i в воде;

и при использовании коэффициента концентрации по ПДК – $K_{ПДК}$:

$$K_{ПДК_i} = \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где $K_{ПДК}$ – коэффициент концентрации по ПДК для токсичных элементов разных классов опасности, ПДК которых указаны в табл. 10, 11, 12. Причём, $K_{ПДК}$ рассчитывается отдельно для групп токсичных элементов 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов опасности (табл. 75).

Таблица 75

Оценка загрязнения поверхностных вод питьевого назначения

Уровень загрязнения воды	Токсичные элементы			
	K_C	$K_{ПДК}$		
		Класс опасности		
		1	2	3, 4
	Источник информации			
	[81]	[47]		
Минимальный	< 4	< 1	< 1	< 1
Низкий (слабый)	4–8	1–1,5	1–2,5	1–5
Средний	8–16	1,5–2	2,5–5	5–10
Высокий (сильный)	16–32	2–3	5–10	10–15
Очень высокий (очень сильный)	>32	> 3	>10	>15

Пример 2. В контроле качества *поверхностных вод хозяйственно-бытового назначения* [38] (табл. 76) также применяется **дифференциальный и комплексный методы** при использовании **коэффициента концентрации K_c**

$$K_{C_i} = \frac{C_i}{C_{\phi,i}},$$

где C_i – содержание компонента i в воде; $C_{\phi,i}$ – фоновое содержание компонента i в воде;

и при использовании **коэффициента концентрации $K_{ПДК}$**

$$K_{ПДК_i} = \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где $K_{ПДК}$ – коэффициент концентрации по ПДК для токсичных элементов разных классов опасности, ПДК которых указаны в табл. 3. Причём, $K_{ПДК}$ рассчитывается отдельно для групп токсичных элементов 1-го и 2-го, 3-го и 4-го классов опасности и биогенных компонентов воды (NO_2^- , NH_4^+ , NO_3^-):

$$K_{ПДК, 1-2 \text{ кл. оп.}}; K_{ПДК, 3-4 \text{ кл. оп.}}; K_{ПДК, (\text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+)}; K_{ПДК, (\text{NO}_3^-)}.$$

$K_{ПДК, 1-2 \text{ кл. оп.}}$ – коэффициент концентрации по ПДК элементов первого-второго класса опасности $K_{ПДК, 1-2 \text{ кл. оп.}}$

$K_{ПДК, 3-4 \text{ кл. оп.}}$ – коэффициент концентрации по ПДК элементов третьего-четвертого класса опасности $K_{ПДК, 3-4 \text{ кл. оп.}}$

$K_{ПДК, (\text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+)}$ – коэффициент концентрации по ПДК суммы нитритов и аммония,

$K_{ПДК, (\text{NO}_3^-)}$ – коэффициент концентрации по ПДК нитратов.

Отдельно учитывается концентрация ортофосфатов $C_{\text{PO}_4^{3-}}$.

Таблица 76

Оценка загрязнения
поверхностных вод хозяйственно-бытового назначения

Уровень загрязнения воды	Токсичные элементы			Нитриты, соли ам- мония $K_{ПДК}$	Нитраты $K_{ПДК}$	Фосфаты, мг/л
	Kc	$K_{ПДК}$				
		Класс опасности				
		1, 2	3, 4			
	Источник информации					
[81]	[47]					
Минимальный	< 4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,05
Низкий (слабый)	4–8	1–2,5	1–25	1–2,5	1–5	0,05–0,15
Средний	8–16	2,5–5	25–50	2,5–5	5–10	0,15–0,3
Высокий (сильный)	16–32	5–10	50–100	5–10	10–20	0,3–0,6
Очень высокий (очень сильный)	> 32	> 10	> 100	> 10	> 20	> 0,6

3.3.4. Контроль качества подземных вод [3]

Контроль качества *подземных вод* проводится по **коэффициентам концентрации и по коэффициентам концентрации по ПДК**. Автор [6], А.П. Белоусова, называет их *индексами загрязнения (I_z)*, где I_z – индекс концентрации компонента может быть относительно его фонового содержания (*коэффициент концентрации*) и относительно его нормативного значения (*коэффициент концентрации по ПДК*).

В работе [6] при **дифференциальном и комплексном методах** контроля используются *индексы загрязнения* по отдельным показателям – i :

- $$pH\text{-индекс} = pH / pH_{\phi}, \quad (48)$$

где pH – значение pH исследуемого объекта воды; pH_{ϕ} – значение pH фонового объекта воды;

- *индексы концентрации компонента* относительно его фонового содержания ($C_i / \Phi K_i$),

где C_i – концентрация компонента в исследуемом объекте воды, ΦK_i – концентрация компонента в фоновом объекте воды [6],

$C_i / \Phi K_i$ [6] соответствует **коэффициенту концентрации компонента** –

$$K_c = C_i / C_{i, \phi}, \quad (49)$$

- *индекс концентрации компонента относительно его нормативного значения ($C_i / C_{i, \text{ПДК}}$)*,

где C_i – концентрация компонента в исследуемом объекте воды; $C_{i, \text{ПДК}}$ – нормативная концентрация компонента в объекте воды; $C_i / C_{i, \text{ПДК}}$ – соответствует **коэффициенту концентрации по ПДК** –

$$K_{\text{ПДК}} = C_i / \text{ПДК}_i. \quad (50)$$

Для оценки степени загрязнения подземных вод при поступлении в них *нескольких* загрязняющих веществ *одного класса опасности* (табл. 27, 35) используется **интегральный метод** контроля и *рассчитывается суммарный коэффициент концентрации по ПДК* загрязняющих веществ *одного класса опасности*

$$\Sigma K_{\text{ПДК}} = \Sigma (C_i / \text{ПДК}_i) = C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n. \quad (51)$$

При соответствии требуемому качеству подземных вод эта сумма не должна превышать 1.

Для оценки степени загрязнения *чрезвычайно опасными и высоко опасными* загрязняющими веществами необходимо использовать как **суммарный коэффициент концентрации по ПДК** *чрезвычайно опасных и высоко опасных* загрязняющих веществ формулу 51, так и **суммарный коэффициент концентрации**, формулу 52:

$$\Sigma K_c = \Sigma (C_i / C_{\phi, i}). \quad (52)$$

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация коэффициентов контроля качества воды по критерию водопользования.
2. Классификация коэффициентов контроля качества воды по математическому признаку.
3. Дифференциальный метод оценки качества воды.
4. Комплексный метод оценки качества воды.
5. Интегральный метод оценки качества воды.
6. Коэффициенты контроля качества питьевой воды.
7. Коэффициенты контроля качества воды для рыборазведения.
8. Коэффициенты контроля качества поверхностных вод.
9. Коэффициенты контроля качества подземных вод.

Глава 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПО КАЧЕСТВУ ПРИРОДНЫХ ВОД

4.1. Оценка экологической обстановки территории по качеству поверхностных вод питьевого и хозяйственно-бытового назначения [18, 38]

Экологическое состояние территории определяет *качество природной среды* – степень соответствия природных условий потребностям людей или другим живым организмам.

Природная среда – совокупность природных тел и явлений (факторов), оказывающих влияние на человека. Природная среда включает в себя нижнюю часть атмосферы, наземную биосферу [89].

Участки территории считаются экологически неблагополучными, если в результате хозяйственной или иной деятельности происходят отрицательные изменения в окружающей среде, отражающиеся на здоровье населения и состоянии естественных экологических систем. Экологическое состояние территорий определяется как неудовлетворительное [52, 121].

По возрастанию степени экологического неблагополучия выделяют *четыре уровня экологической оценки состояния территорий* [47]: напряжённая, критическая, кризисная (чрезвычайная экологическая ситуация) и катастрофическая (экологическое бедствие).

Оценка экологического состояния территорий даётся в сравнении с *фоном*, за который принято относительно удовлетворительное состояние в регионе [52].

Оценку экологической обстановки территории **по качеству поверхностных вод питьевого назначения** [18, 38], проводят по значениям K_C и $K_{ПДК}$ для токсичных элементов (табл. 77), а по качеству **поверхностных вод хозяйственно-бытового назначения** – по значениям K_C ; $K_{ПДК}$, 1-2 кл. оп.; $K_{ПДК}$, 3-4 кл. оп.; $K_{ПДК, (NO_2^- + NH_4^+)}$; $K_{ПДК, (NO_3^-)}$; $C_{PO_4^{3-}}$ (табл. 78).

По значениям этих коэффициентов (например, табл. 77, от <1 до >32) выделено пять уровней загрязнения вод [38], которым соответствуют уровни загрязнения природных сред (по $K_{ПДК}$ 1, 2, 3-4 кл. оп. [18]), определяющие состояние экологической обстановки [18], что отражено табл. 77, 78.

Пяти уровням загрязнения вод:

- минимальный,
- низкий или слабый,
- средний,
- высокий или сильный,
- очень высокий или очень сильный

соответствуют пять уровней загрязнения природных сред:

- допустимый,
- умеренно опасный,
- опасный,
- высоко опасный,
- чрезвычайно опасный,

определяющие пять состояний экологической обстановки:

- относительно удовлетворительная,
- напряженная,
- критическая,
- чрезвычайная,
- экологического бедствия.

Таблица 77

Оценка экологической обстановки
по анализу качества поверхностных вод питьевого назначения [38]

Экологическая обстановка по $K_{ПДК}$, 2 кл. опас. [18]	Уровень загрязнения при- родных сред по $K_{ПДК}$, 2 кл. опас. [18]	Уровень загрязнения воды [38]	Токсичные элементы			
			K_C	$K_{ПДК}$		
				Класс опасности		
				1	2	3, 4
			Источник информации			
[93]	[52]					
Относительно удовлетворительная	Допустимый	Минимальный	< 4	< 1	< 1	< 1
Напряженная	Умеренно опас- ный	Низкий (слабый)	4–8	1–1,5	1–2,5	1–5
Критическая	Опасный	Средний	8–16	1,5–2	2,5–5	5–10
Чрезвычайная	Высоко опасный	Высокий (сильный)	16–32	2–3	5–10	10–15
Экологического бедствия	Чрезвычайно опасный	Очень высокий (очень сильный)	>32	> 3	>10	>15

Таблица 78

Оценка экологической обстановки по анализу
качества поверхностных вод хозяйственно-бытового назначения

Экологическая обстановка [18]	Уровень загрязнения природных сред по $K_{ПДК}$ [18]	Уровень загрязнения воды [38]	Токсичные элементы			Нитриты, соли аммония $K_{ПДК}$	Нитраты $K_{ПДК}$	Фосфаты, мг/л
			K_c	$K_{ПДК}$				
				Класс опасности				
				1, 2	3, 4			
			Источник информации					
[93]	[52]		[52]	[52]	[52]			
Относительно удовлетворительная	Допустимый	Минимальный	< 4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,05
Напряженная	Умеренно опасный	Низкий (слабый)	4–8	1–2,5	1–25	1–2,5	1–5	0,05–0,15
Критическая	Опасный	Средний	8–16	2,5–5	25–50	2,5–5	5–10	0,15–0,3
Чрезвычайная	Высоко опасный	Высокий (сильный)	16–32	5-10	50-100	5–10	10–20	0,3–0,6
Экологического бедствия	Чрезвычайно опасный	Очень высокий (очень сильный)	> 32	> 10	> 100	> 10	> 20	> 0,6

Величины $K_{пдк}$ рассчитываются отдельно для разных групп токсичных элементов.

4.2. Экологическая оценка территории по качеству подземных вод [6]

Качество *подземных питьевых вод* из-за специфического их положения в окружающей среде главным образом определяется их химическим составом. Для подземных вод *определение качества* должно иметь глубокий и содержательный смысл, т. е. *характеризовать в историческом и современном временных масштабах* процессы изменения химического состава подземных вод под влиянием природных и антропогенных факторов. В связи с тем, что *подземные воды* как компонент окружающей среды находятся в постоянном контакте с другими её компонентами (атмосферой, литосферой, биосферой и техносферой), то и *качество их* находится в прямой зависимости от сложных физико-химических процессов, возникающих в результате этих контактов. Поэтому *оценка качества подземных вод* требует привлечения различных методов изучения, результаты которых должны позволить осуществить его в комплексе под влиянием всех факторов, обуславливающих *трансформации качества подземных вод в условиях природного и антропогенного загрязнения*. Возможность комплексной оценки базируется на использовании *индикаторов и индексов устойчивого развития*.

Индикатор – атрибутивный *показатель* состояния окружающей среды (в данном случае – подземной части гидросферы), фиксирующий воздействие на неё и отклик на это воздействие.

Индекс – *количественная характеристика* индикатора, описывающая степень устойчивости окружающей среды к негативному воздействию природных и антропогенных факторов.

Устойчивость – внутренне присущая системе *способность противостоять изменениям*. Устойчивость гидрогеохимического (экологического) состояния подземных вод заключается в сохранении их природной основы или тех техногенных показателей, которые сформировались до интенсивного или глобального воздействия на них (эксплуатация месторождений, оросительных систем или крупных предприятий, природных и техногенных катастроф, кислых дождей и др.). Устойчивое гидрогеохимическое состояние подземных вод ограничивается их фоновыми показателями, с одной стороны, а с другой – их предельно допустимыми показателями, уровнями (*ПДК, ПДУ* и др.) (табл. 80, 81). Отклонения от этих пределов указывают на неустойчивость гидрогеохимического состояния подземных вод [6], табл. 79.

Таблица 79

Классификация степени загрязнения воды в связи с классификацией
устойчивости воды [6]

Степень загрязнения воды	Экологическое состояние устойчивости подземных вод
Условно чистая вода	Устойчивое состояние
Слабо загрязнённая	Слабо неустойчивое состояние
Весьма загрязнённая	Средне неустойчивое состояние
Очень загрязнённая	Неустойчивое состояние
Грязная и очень грязная	Сильно неустойчивое состояние
Чрезвычайно грязная	Очень сильно неустойчивое (катастрофическое) состояние

Таким образом, классификация экологического состояния вод (классификация устойчивости подземных вод) связана с классификацией степени загрязнения воды. А степень загрязнения воды (качество воды) соответствует категориям гидрогеохимического экологического состояния (табл. 79) и описывается как «условно чистая вода», «слабо загрязнённая», «весьма загрязнённая», «очень загрязнённая», «грязная и очень грязная», «чрезвычайно грязная».

Ниже приведены показатели оценки и качество подземных вод для описания устойчивости их экологического состояния, представленные в работе А.П. Белоусовой [6].

Показателями качества воды являются индексы загрязнения (I_3) – химические индексы:

pH -индекс (pH / pH_{ϕ}) и индексы концентрации ($C_i / \Phi K_i$, $C_i / C_{i, ПДК}$) с их нормативными значениями для *отдельных компонентов* – i (см. табл. 80) и для *группы загрязняющих веществ* (см. табл. 81), где pH – значение pH в исследуемой воде; pH_{ϕ} – фоновое значение pH в исследуемой воде; C_i – содержание химического элемента i ; ΦK_i – фоновое содержание элемента i ; $C_{i, ПДК}$ – норматив химического элемента i в питьевой воде; $C_i / \Phi K_i$ – соответствует K_c – коэффициент концентрации химического элемента i ; $C_i / C_{i, ПДК}$ – соответствует $K_{ПДК}$ – коэффициент концентрации по $ПДК$ элемента i в питьевой воде.

Группа химических индексов, раскрывающая содержание индикаторов воздействия и состояния, – количественно характеризует отклонение концентраций химических элементов в защитной зоне и подземных водах от их фоновых и предельно допустимых концентраций, а также отклонения значений pH от нейтрального состояния.

Отклонения концентраций химических элементов и pH рассматриваются как в сторону *увеличения* (+) при загрязнении подземных вод,

так и в сторону *уменьшения* (-) при нейтрализации влияния загрязняющих веществ, поступающих из других компонент окружающей среды.

Категоризация этой группы индексов дана на примере нефтяного месторождения, табл. 80.

Таблица 80

**Экологическое состояние подземных вод
и количественная характеристика их химических индексов**

Экологическое состояние подземных вод	I_3 – химические индексы загрязнения		
	pH -индекс = $= pH / pH_{\phi}$	индексы концентрации	
		Коэффициент концентрации	Коэффициент концентрации по $ПДК_n$
		$K_c = C_i / C_{i,\phi}$	$K_{пдк} = C_i / C_{i,пдк}$
Устойчивое	1	$< +1;$ > -1	≤ 1
Слабо неустойчивое	1	$+1 \dots +5;$ $-1 \dots -5$	≤ 1
Средне неустойчивое	1	$+5 \dots +10;$ $-5 \dots -10$	≤ 1
Неустойчивое	$+1 \dots +1,06;$ $-1 \dots -1,08$		$+1 \dots +5$
Сильно неустойчивое	$+1,06 \dots +1,1;$ $-1,08 \dots -2,1$		$+5 \dots +10$
Катастрофически неустойчивое	$> +1,1;$ $> -2,1$		> 10

Примечания:

1. Значения pH не должны выходить за пределы 6,5– 8,5.
2. Рассчитывают величину pH/pH_{ϕ} . По полученной величине pH/pH_{ϕ} и по табл. 80 и табл. 79 устанавливают качество и устойчивость экологического состояния подземной воды.
3. Рассчитывают величины $K_c = C_i / \Phi K_i$ и $K_{пдк} = C_i / ПДК_i$ для отдельных компонентов воды. По значениям рассчитанных коэффициентов и их нормативам (табл. 80) устанавливают категорию гидрогеохимического состояния воды и в соответствии с табл. 79 – качество воды.

Для оценки степени загрязнения подземных вод при поступлении в них *нескольких* загрязняющих веществ *одного класса опасности*, характеристика которых приведена в табл. 27, 56, используют суммарный коэффициент концентрации по $ПДК$ ($\Sigma K_{пдк}$) всех загрязняющих веществ, табл. 81.

Таблица 81

Экологическое состояние подземных вод в зависимости
от суммарного коэффициента концентрации по ПДК
чрезвычайно опасных и высоко опасных загрязняющих веществ

Экологическое состояние подземных вод	Величина $\Sigma K_{\text{пдк}} = \Sigma C_i / \text{ПДК}_i$	Степень загрязнения воды
Устойчивое	< 1	Условно чистая вода
Слабо неустойчивое	1 – 5	Слабо загрязнённая
Средне неустойчивое	5 – 10	Весьма загрязнённая
Неустойчивое	10 – 20	Очень загрязнённая
Сильно неустойчивое	20 – 50	Грязная и очень грязная
Очень сильно неустойчивое (катастрофическое)	> 50	Чрезвычайно грязная

За результирующее качество исследуемой воды принимается самое загрязнённое по использованным критериям оценки.

Делается вывод, например, «исследованная подземная вода имеет устойчивое экологическое состояние, характеризующее её способность противостоять изменениям; по степени загрязнения – условно чистая вода».

4.3. Оценка экологического состояния среды по показателю химического загрязнения воды (ПХЗ-10) [52]

Для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (табл. 82) рассчитывается суммарный показатель химического загрязнения вод *по десяти соединениям, максимально превышающим ПДК_р*, с использованием формулы суммирования воздействий:

$$\text{ПХЗ-10} = (C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_{10}/\text{ПДК}_{10}) = \Sigma K_{\text{пдк}}, \quad (53)$$

где ПДК_i – **рыбохозяйственные нормативы**, приведенные в табл. 26.

C_i – концентрация химических веществ в воде.

Для установления ПХЗ-10 рекомендуется проводить анализ воды *по максимально возможному числу показателей*.

Таблица 82

Экологическая обстановка поверхностных вод по значениям суммарного показателя загрязнения вод [52]

Экологическая обстановка	Значения суммарного показателя загрязнения вод	
	ПХЗ-10 1–2 кл. оп	ПХЗ-10 3–4 кл. оп
Относительно удовлетворительная	1	10
Чрезвычайная экологическая ситуация	35–80	500
Экологическое бедствие	Более 80	Более 500

При определении ПХЗ-10 для химических веществ, по которым «относительно удовлетворительный» уровень загрязнения вод определяется как их «отсутствие», отношение $C_i/ПДК_i$ условно принимается равным 1.

4.4. Экологическая оценка качества вод по веществам с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ) [73]

Для контроля качества вод по веществам с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ) [73, 92] используется сумма коэффициентов концентраций по ПДК компонентов, с одинаковым лимитирующим признаком вредности

$$\sum K_{ПДК, ЛПВ} = \sum (C_{i, ЛПВ} / ПДК_{i, ЛПВ}).$$

В работах [92, Савичев О.Г.; 73, Нежниховский Р.А.]

$$K_p = \sum_i \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (54)$$

где K_p – суммарный коэффициент концентраций по ПДК компонентов (C_i) с одинаковым лимитирующим признаком вредности.

По значениям суммарного коэффициента концентраций по ПДК компонентов с одинаковым лимитирующим признаком вредности (K_p), кратного 10, *оценивается степень загрязнения воды*, табл. 82.

Таблица 82

Классификация качества вод по лимитирующему признаку вредности компонентов вод

Уровень загрязнения воды токсичными элементами (табл. 78)		Степень загрязнения воды	K_p [73, 92]
1, 2 класса опасности	3, 4 класса опасности		
Минимальный		Не опасное загрязнение	< 1
Высокий (сильный)	Низкий (слабый)	Потенциально опасное загрязнение	1 – <10
Очень высокий (очень сильный)	Высокий (сильный)	Опасное загрязнение	10 – 100
Очень высокий (очень сильный)	Очень высокий (очень сильный)	Особо опасное загрязнение	> 100

Лимитирующий признак вредности компонента вод и его предельно допустимая концентрация для объектов хозяйственно-питьевого назначения приведены в Сан ПиН 2.1.5.980-00 [99], табл. 3, табл. 4, а для объектов рыбохозяйственного назначения в «Перечне ...» [80], табл. 5.

По величине K_p в табл. 82 определяют степень загрязнения природной воды и делают вывод:

«Качество воды для целей хозяйственно-питьевого назначения имеет загрязнение» (при использовании нормативов вод хозяйственно-питьевого назначения).

«Качество воды для целей рыбохозяйственного назначения имеет загрязнение» (при использовании нормативов вод рыбохозяйственного назначения).

По степени загрязнения воды и окружающей среды можно оценить более подробно экологическое состояние территории (см. табл. 77, 78).

4.5. Экологическая оценка качества вод по биогеохимическим характеристикам микроорганизмов вод [71, с. 6–8]

При оценке экологического состояния водного объекта учитывается не только химическая, но и его микробиологическая составляющая. Например, микрофлора *родников города Томска* изучалась авторами Н.Г. Наливайко [71], К.И. Кузевановым [53], Ю.Г. Копыловой [71], Н.А. Трифионовой [109, 110], П.А. Удодовым [109, 110], С.Л. Шварцевым [110, 114]. В течение почти трёх десятилетий и по настоящее время проводится мониторинг качественного состояния вод родников г. Томска.

Микрофлора родников города представлена разнообразными автотрофными и гетеротрофными физиологическими группами, участвующими в биохимических циклах углерода, азота, серы, осуществляющими в аэробных и анаэробных условиях деструкцию минеральных и органических веществ (табл. 83).

Таблица 83

Микробиологический состав родников

Физиологические группы микроорганизмов	Количество микроорганизмов, кл/мл			Встречаемость, %
	Максимальное	Минимальное	Среднее	
Сумма микробов	1 042 520	10	60 120	100
Олиготрофы	74 100	10	8 100	99
Сапрофиты	43 000	10	2 830	99
Бациллы	14 400	3	580	79
Уробактерии	5 800	10	430	62
Нефтеокисляющие	71 500	30	2 300	71
Денитрифицирующие	10 000	1	1 350	78
Аммонифицирующие	3 200	1	790	74
Нитрифицирующие	1 000 000	1	30 710	24
Сульфатредуцирующие	10 000	1	440	48
Тионовые	100 000	1	55 100	2
Целлюлозоразрушающие аэробные	100 000	1	1 550	16
Целлюлозоразрушающие анаэробные	1 000	1	40	5

Выше приведенные данные количественного содержания микроорганизмов были использованы для оценки экологического состояния родников, табл. 84.

Таблица 84

Количественное содержание микроорганизмов и
экологическое состояние родников

Физиологические группы бактерий	Экологическое состояние воды родника					
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязнённая	Загрязнённая	Грязная	Очень грязная
Мезофильные сапрофиты	0	0	30	50	80	300
Психрофильные сапрофиты	0	0	220	625	1 030	5 120
Олиготрофы	3 380	6 290	9 210	12 120	15 030	44 180
Гетеротрофы	410	1 520	2 620	3 730	4 830	15 900
Аммонифицирующие	270	520	770	1 020	1 270	3 730
Денитрифицирующие	80	650	1 220	1 790	2 360	8 070
Сульфредуцирующие	0	0	280	620	948	4 270
Уробактерии	30	340	660	990	1 310	4 560
Нефтеокисляющие	0–10	1 770	5 250	17 140	33 280	48 400
Бациллы	120	220	320	420	520	1 530
БПК ₅ , мгО ₂ /л	0,78	0,98	1,19	1,40	1,60	3,67

Критерии такой оценки были установлены и обоснованы авторами в процессе исследований [71].

Вопросы для самоконтроля

1. Метод оценки и связь экологического состояния территории с качеством поверхностных вод питьевого и хозяйственно-бытового назначения.
2. Метод оценки и связь экологического состояния территории с качеством подземных
3. Метод оценки экологического состояния территории по химическим веществам одинакового класса опасности.
4. Метод оценки и связь экологического состояния территории по показателям с одинаковым лимитирующим признаком вредности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

(использованной и рекомендуемой)

1. *Абрамов Н.Н.* Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1983. – 440 с.
2. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. /Отв. ред.: *Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева* – М.: Наука, 2003. – 367 с.
3. *Барвиш М.В., Шварц А.А.* Новый подход к оценке микрокомпонентного состава подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения. //Геозкология, 2000, № 5. – С. 487–473.
4. *Барс Е.А., Коган С.С.* Методическое руководство по исследованию органических веществ в подземных водах нефтегазоносных областей. – М.: Недра. 1979. – 156 с.
5. *Барс Е.А., Селезнёва Л.И., Скульская З.М.* Водорастворимые органические вещества осадочной толщи. – М.: Недра, 1990. – 243 с.
6. *Белюсова А.П.* Качество подземных вод: Современные подходы к оценке. – М.: Наука, 2001. – 339 с.
7. *Вернадский В.И.* История природных вод. – М.: Наука, 2003. – 750 с.
8. Водоснабжение и мелиорация. Лабораторный практикум. Учебное пособие. /*А.Д. Назаров, Р.Ф. Зарубина*; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 129 с.
9. *Волкотруб Л.П., Егоров И.М.* Питьевая вода Томска. Гигиенический аспект. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 196 с.
10. *Воробьев С.А.* и др. Земледелие – М.: Колос, 1968.
11. ГН 2.1.5. 2280-07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно- питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения 1 к ГН 2.1.5.1315-03. – М., 2008.
12. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно- питьевого и культурно-бытового водопользования. – М., 2004.
13. ГН 2.1.5.1316-03. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М., 2004.
14. ГН 2.1.5.1831-04. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнение 1 к ГН 2.1.5.1316-03. – М., 2004.

15. ГН 2.1.5.2307-07. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М., 2007.

16. ГН.2.1.5.2312-08. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнение 1 к ГН 2.1.5.2307-07. – М., 2008.

17. Головин А.А., Морозова И.А., Ачкасов А.И., Гуляева Н.Г. и др. Геохимическая оценка территории Восточно-Забайкальского полигона (по результатам геохимического картирования) – М.:ИМГРЭ, 1998. – 183 с.

18. Головин А.А., Морозова И.А., Трефилова Н.Я., Гуляева Н.Г. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территорий функционального использования. – М.: ИМГРЭ, 1996. – 88 с.

19. ГОСТ 13273-88 Воды минеральные питьевые, лечебные и лечебно-столовые. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 29 с.

20. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – 12 с.

21. ГОСТ 17.1.1.04-80. Классификация подземных вод по целям водопользования. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.

22. ГОСТ 17.1.2.03–90 «Критерии и показатели качества воды для орошения» Охрана природы. Гидросфера. – Межгосударственный стандарт. – 6 с.

23. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества водоёмов и водотоков.

24. ГОСТ 17.1.3.08-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.

25. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

26. ГОСТ 17403-72. Гидрохимия. Основные понятия. Термины и определения. – 6 с.

27. ГОСТ 18963-73. Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 23 с.

28. ГОСТ 23268-83. Воды минеральные питьевые, лечебные лечебно-столовые и природно-столовые.

29. ГОСТ 23732-79, группа Ж 10. Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

30. ГОСТ 27065-86. Группа ТОО. Межгосударственный стандарт. Качество вод. Термины и определения.

31. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам.

32. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.
33. ГОСТ 30813-2002. Вода и водоподготовка. Термины и определения.
34. ГОСТ 9.314-90. Вода для гальванического производства и схемы промывок. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 18 с.
35. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.
36. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
37. ГОСТ Р 51593-2000. Вода питьевая. Отбор проб.
38. *Гуляева Н.Г.* Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштабов 1:1000000 и 1:200000. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 72 с.
39. *Дерпгольц В.Ф.* Вода во Вселенной. – Л.: Недра, 1971. – 222 с.
40. *Долгушин И.Ю., Александрова Т.Д., Лебедева Н.Л. и др.* Рекомендации по разработке геоэкологических основ норм допустимых антропогенно-техногенных нагрузок на ландшафты. – М.: ИГАН, 1991.
41. *Дончева А.В., Казаков Л.К., Калуцков А.Н.* Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.: Экология, 1992.
42. *Екимов А.А., Толстихин О.Н., Островский В.Н. и др.* Разработка классификации геологической среды, воздействующих на неё антропогенных факторов, методов определения нагрузок на геологическую среду и мероприятий по её охране при проектировании промышленных, хозяйственных и рекреационных объектов. – ВСЕГИНГЕО, 1979.
43. *Зарубина Р.Ф., Зарубин А.Г., Шинкаренко О.Ф.* К вопросу об оценке экологического состояния природных вод. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. – Т.2. – Томск, 2000. – С. 208–209.
44. *Иванов В.В., Невраев Г.А.* Классификация минеральных вод. – М.: Недра, 1967.
45. *Кац В.Е., Доставалова М.С.* Оценка качества питьевых вод на предмет их физиологической полноценности для здоровья населения (на примере Республики Алтай) // Материалы научной конф. «Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири». – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 231–232.
46. *Кац Д.М., Шестаков В.М.* Мелиоративная гидрогеология. – М.: Недра, 1981. – 296 с.
47. Качество продукции, испытания, сертификация. Терминология. Справочное пособие. Выпуск 4. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 144 с.
48. Качество продукции: Экономический словарь. /Под ред. Т.Н. Калиновской. – М.: Экономика, 1990. – 96 с.

49. *Костяков А.Н.* Основы мелиораций. – Сельхозгиз, 1960.
50. *Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М.* Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677 с.
51. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Геохимия природных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987. – 237 с.
52. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1992. – 88 с.
53. *Кузеванов К.И.* Исследования техногенных изменений гидрогеологических условий г. Томска: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 1999. – 20 с.
54. *Куренной В.В., Шварцев С.Л.* Питьевые подземные воды: основные положения и методика оценки качества. //Разведка и охрана недр, 2010. – № 7. – С. 6–12.
55. Курортные ресурсы Сибири и Дальнего Востока, их рациональное использование. Сборник научных трудов. – Томск: НИИКиФ, 1991. – 190 с.
56. *Левицкий Е.Ф., Адилов В.Б.* Курортно-рекреационный потенциал Западной Сибири. – Томск, 2002. – 227 с.
57. *Лейте В.* Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод. – М.: Химия, 1975. – 200 с.
58. *Линник П.Н., Набиванец Б.И.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
59. *Любимова Л.Л., Заворин А.С., Макеев А.А.* Технология подготовки воды для контуров, котлов, парогенераторов, реакторов и систем их обеспечения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 293 с.
60. *Матусевич В.М.* Геохимия подземных вод Западно – Сибирского нефтегазоносного бассейна. – М.: Недра, 1976. – 157 с.
61. Мелиорация за рубежом. Экспресс информация. Серия 7, в. 5. – М., 1976.
62. *Мелькановицкая С.Г., Швец В.М.* Об органических миграционных формах элементов в подземных водах и методах их изучения. // Применение гидрогеохимического метода при поисках рудных месторождений. – М.: Недра, 1974. – С. 55 – 68.
63. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982.
64. Методические рекомендации по определению реальной нагрузки на человека химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, водой и пищевыми продуктами. – М.: Минздрав СССР. 1986.

65. Миклашевский Н.В., Королькова С.В. Чистая вода. Системы очистки и бытовые фильтры. – СПб.: БХВ – Санкт – Петербург, Издательская группа «Арлит», 2000. – 240 с.
66. Моисеенко Т.И. Экотоксикологический подход к нормированию антропогенных нагрузок на водоёмы Севера // Экология, 1998, № 6. – С. 452–461.
67. Молчанова Я.П., Заика Е.А., Бабкина Э.И., Сурнин В.А. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. – М.: ФОРУМ-ИНФРА, 2007. – 190 с.
68. МУ 2.1.5.1183-03. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий.
69. МУ МРФ № 2000/34. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Под редакцией Адилова В.Б. – М.: Москва, 2000. – 75 с.
70. МУК 4.2.671-97. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-микробиологического анализа питьевой воды. – М., 1997. – 36 с.
71. Наливайко Н.Г., Кузеванов К.И., Копылова Ю.Г. Атлас бактериальных пейзажей родников города Томска. – Томск: STT, 2002. – 52 с.
72. Науменко Л.В., Яковенко Д.И., Коробка В.Г. Справочник инспектора рыбоохраны. – Киев: Урожай, 1988. – 312 с.
73. Нежниховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 232 с.
74. Нормативы качества питьевой воды в России и за рубежом. – Екатеринбург: Международный экологический фонд «Вода Евразии», 1996. – 19 с.
75. Общий классификатор. Полезные ископаемые и подземные воды (ОКПИ и ПВ 1 75 009). Мингео СССР. Госстандарт. – М.: Колос, 1976.
76. Овчинников А.М. Общая гидрогеология.
77. Ожегов С.И. Словарь русского языка. – М.: Государственное издательство иностранных и национальных словарей, 1952. – С. 237.
78. ОСТ 39-225-88. Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству. – М.: ХОЗУ, Миннефтепром, 1988. – 8 с.
79. ПДК и ОБУВ вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования. М., 1983.
80. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоёмов. – М.: ТОО «Мединор», 1995.
81. Плотников Н.А. Оценка запасов подземных вод. – М.: Госгеотехиздат, 1959. – 288 с.

82. *Покровский Д.С., Дутова Е.М., Булатов А.А., Кузеванов К.И.* Подземные воды Республики Хакасия и водоснабжение населения. Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 300 с.
83. *Попов В.К., Лукашевич О.Д., Коробкин В.А., Золотарёва В.В., Галямов Ю.Ю.* Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья. – Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2003. – 174 с.
84. *Посохов Е.В.* Общая гидрогеохимия. – Л.: Недра, 1975. – 208 с.
85. *Посохов Е.В., Толстихин Н.И.* Минеральные воды. – Л.: Недра, 1977. – 240 с.
86. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. /*В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев*: Ин-т водных проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 27 с.
87. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Серия 17. выпуск 8. – М.: Федеральное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2005. – 340 с.
88. *Ревелль П., Ревелль Ч.* Среда нашего обитания: в 4-х книгах. Кн. 2. Загрязнение воды и воздуха. – М.: Мир, 1995. – 296 с.
89. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. М.: 1990.
90. *Рогов Г.М., Попов В.К., Осипова Е.Ю.* Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения. – Томск: Изд-во Томск. гос. архит. строит. ун-та, 2003. – 218 с.
91. *Рябчиков Б.Е.* Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: Де Ли принт, 2004. – 328 с.
92. *Савичев О.Г.* Управление водными ресурсами. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С.18.
93. *Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др.* Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990.
94. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Минздрав России, 2002. – 100 с.
95. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в ёмкости. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 27 с.
96. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.

97. СанПиН 2.1.4.544-96. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. – М.: Госсанэпиднадзор России, 1996.
98. СанПиН 2.1.4.559-96. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 111 с.
99. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод, 2000. – 23 с.
100. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988. – С. 69.
101. Сборник основных правил, технологических инструкции нормативных материалов по производству безалкогольной продукции. / Под ред. Н. Г. Саришвили. – Пищепромиздат, 2000.
102. СНиП 2.03.11-85. Строительные нормы и правила. Защита строительных конструкций от коррозии. М.: Гос. Комитет СССР по делам строительства, 1986. – С. 12–22.
103. СП 11-102-97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. М.: Госстрой России. 1997. – 48 с.
104. СП 2.1.5.1059-01. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения.
105. *Стил Т. Д.* Качество воды. //Гидрогеологическое прогнозирование. – М: Мир, 1988. – С. 335-371.
106. *Сударина А.А.* и др. Химия в сельском хозяйстве. – М.: Просвещение, 1976.
107. ТИ 10–5031536–73–10 «Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков».
108. ТР 10–04–03–09-88 «Технологический регламент по производству водки».
109. *Удодов П.А., Коробейникова Е.С., Рассказов Н.М., Трифонова Н.А., Шамолин В.А., Назаров А.Д.* Поровые растворы горных пород как среда обитания микроорганизмов. – Новосибирск: Наука, 1981. – 176 с.
110. *Удодов П.А., Назаров А.Д., Коробейникова Е.С., Рассказов Н.М., Трифонова Н.А., Шамолин В.А., Шварцев С.Л.* Геохимические особенности поровых растворов горных пород. – М.: Недра, 1983. – 240 с.
111. Укрупнённые нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. – М.: Стройиздат, 1978. – С. 6, 13, 125, 290–291, 374 – 375.
112. *Фомин Г.С.* Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. – М.: ООО «Аква», 2000. – С. 29.

113. Хубларян М.Г., Моисеенко Т.И. Качество воды. // Вестник РАН, 2009, т. 79, № 5. – С. 403–410.
114. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
115. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1996. – 423 с.
116. Шварцев С.Л., Маринов Н.А. и др. Основы гидрогеологии. Использование и охрана подземных вод. – Новосибирск: Наука, 1983. – 231 с.
117. Шварцев С.Л., Пиннекер Е.В., Перельман В.И., Кононов В.И., Назаров А.Д., Рассказов Н.М., Удодов П.А., Швец В.М. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия. – Новосибирск: Наука, 1982. – 286 с.
118. Шварцев С.Л., Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Ясько В.Г., Кассин И.Г., Зверев В.П., Ломоносов И.С., Толстихин О.Н., Журавель Н.А., Назаров А.Д., Герасимов Ж.А. Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах. – Новосибирск: Наука, 1982. – 238 с.
119. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2-х книгах. Кн. 1. – М.: Наука, 2005. – 281 с.
120. Экологически чистые подземные питьевые воды. // Министерство природных ресурсов РФ. Гидрогеоэкологическая фирма «ГИДЭК». – М., 1998. – 19 с.
121. Экологический словарь. – М.: 1993.
122. Экология и экономика природопользования: учебник для вузов. / под ред. проф. Э.В. Гирусова, 2-е изд. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, Единство, 2002. – 519 с.
123. Яковлев С.В., Иванов Е.Н., Прозоров И.В. и др. Рациональное использование водных ресурсов. – М.: Стройиздат, 1991.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
1.1. Чистая вода, природная вода, состав природных вод.....	6
1.2. Понятия качества вод	10
1.2.1. Термины и определения понятия «качества»	12
1.2.2. Критерии (показатели) качества вод	15
1.2.2.1. Органолептические показатели	15
1.2.2.2. Химические показатели.....	17
1.2.2.2.1. Главные ионы	18
1.2.2.2.2. Биогенные элементы.....	20
1.2.2.2.3. Микроэлементы.....	20
1.2.2.2.4. Органические вещества	22
1.2.2.2.5. Растворенные в воде газы	22
1.2.2.3. Биологические показатели	24
1.2.2.3.1. Гидробионты и гидрофлора	24
1.2.2.3.2. Бактерии и вирусы	25
1.2.2.3.3. Геологическая микрофлора.....	25
1.2.2.3.4. Загрязнители воды	28
1.2.2.5. Нормирование показателей качества воды	32
Вопросы для самоконтроля	37
Глава 2. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОД РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	38
2.1. Требования к качеству вод питьевого назначения.....	38
2.1.1. Требования к качеству природной воды как источника хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения	39
2.1.2. Требования к качеству воды подземных источников нецентрализованного водоснабжения.....	41
2.1.3. Требования к качеству питьевой воды централизованного водоснабжения	41
2.1.4. Требования к качеству воды, расфасованной в ёмкости	46
2.1.5. Требования к качеству минеральных вод	53
2.2. Требования к качеству вод хозяйственно-питьевого назначения	60
2.3. Требования к качеству вод для рекреационных целей	62
2.4. Требования к качеству вод для животных и рыб	64
2.4.1. Требования к качеству воды для водопоя животных.....	65

2.4.2. Требования к качеству воды для рыборазведения	65
2.5. Требования к качеству вод для орошения.....	70
2.5.1. Американская классификация оросительных вод.....	73
2.5.2. Российская классификация оросительных вод	75
2.6. Требования к качеству вод промышленного назначения.....	78
2.6.1. Требования к качеству воды, используемой в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.....	78
2.6.1.1. Требования к качеству воды для заводнения нефтяных пластов при нефтедобыче	78
2.6.1.2. Требования к качеству вод для нефтеперерабатывающей промышленности.....	80
2.6.2. Требования к качеству вод, используемых при строительстве.....	81
2.6.2.1. Требования к качеству вод для бетонных конструкций.....	81
2.6.2.2. Требования к качеству вод, воздействующих на металлические конструкции	92
2.6.2.3. Требования к качеству вод, контактирующих с оболочкой кабеля	95
2.6.2.4. Требования к качеству вод при инженерно- геологических изысканиях для строительства	96
2.6.3. Требования к качеству вод для пищевой промышленности.....	106
2.6.4. Требования к качеству оборотной воды.....	107
2.6.5. Требования к качеству воды для приборостроительных целей.....	109
2.6.6. Требования к качеству воды для паросилового хозяйства (ГРЭС, ТЭЦ, АЭС)	112
2.6.7. Требования к качеству воды для целлюлозно-бумажной промышленности	115
Вопросы для самоконтроля	117
Глава 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОД.....	118
3.1. Методы контроля качества вод	118
3.2. Фициенты и дополнительные показатели контроля качества вод.....	119
3.3. Примеры контроля качества вод различными методами по коэффициентам контроля	124
3.3.1. Контроль качества питьевой воды	124
3.3.2. Контроль качества вод для рыборазведения.....	125

3.3.3. Контроль качества поверхностных вод	127
3.3.4. Контроль качества подземных вод.....	129
Вопросы для самоконтроля	130
Глава 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПО КАЧЕСТВУ ПРИРОДНЫХ ВОД.....	131
4.1. Оценка экологической обстановки территории по качеству поверхностных вод питьевого и хозяйственно-бытового назначения	131
4.2. Экологическая оценка территории по качеству подземных вод	133
4.3. Оценка экологического состояния среды по показателю химического загрязнения воды (ПХЗ-10)	136
4.4. Экологическая оценка качества вод по веществам с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ).....	137
4.5. Экологическая оценка качества вод по биогеохимическим характеристикам микроорганизмов вод.....	138
Вопросы для самоконтроля	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	140

Учебное издание

ЗАРУБИНА Раиса Фёдоровна
КОПЫЛОВА Юлия Григорьевна
ЗАРУБИН Алексей Геннадьевич

АНАЛИЗ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

Часть 2. Методы оценки качества природных вод

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор
доктор геолого-минералогических наук,
профессор С.Л. Шварцев
Компьютерная верстка *Р.Ф. Зарубина*
Дизайн обложки *И.О. Фамилия*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 29.11.2011. Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 8,78. Уч.-изд. л. 7,95.
Заказ 1814-11. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru