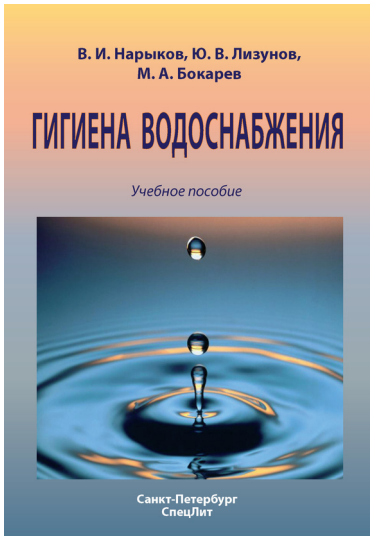
В. И. Нарыков, Ю. В. Лизунов,
М. А. Бокарев
ГИГИЕНА ВОДОСНАБЖЕНИЯ
Учебное пособие
Санкт-Петербург
СпецЛит

Юрий Владимирович Лизунов
Михаил Александрович Бокарев
Владимир Иванович Нарыков

Гигиена водоснабжения. Учебное пособие

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=10254400
Владимир Нарыков, Юрий Лизунов, Михаил Бокарев. Гигиена водоснабжения. Учебное пособие: СпецЛит; Санкт-Петербург; 2011
ISBN 978-5-299-00455-7

Аннотация

В учебном пособии отражены все основные аспекты гигиены питьевой воды и питьевого водоснабжения: физиологическое и гигиеническое значение воды; вода и здоровье человека; источники воды, правила их выбора и гигиенической оценки; санитарная охрана водоисточников; гигиенические требования к качеству питьевой воды; основы технологии ее очистки и обеззараживания. В связи с нарастающей угрозой «водного голода», отдельный раздел посвящен проблеме обеспечения водой населения в России и за рубежом.

Материал пособия излагается с учетом положений действующих на данный момент нормативно-правовых документов, а также новых научных данных в области гигиены питьевой воды и питьевого водоснабжения, которые нашли отражение в материалах гигиенических и экологических форумов, состоявшихся в последнее десятилетие.

Пособие написано в соответствии с программой, утвержденной Министерством науки и образования РФ для студентов лечебных факультетов медицинских вузов.

Содержание

Условные сокращения 5
Предисловие 6
Глава 1. Вода в природе и ее значение для человека 7
1.1. Водные ресурсы Земли 7
1.2. Проблемы водоснабжения населения России 10
1.3. Значение воды для человека 13
1.4. Вода и здоровье людей 15
1.5. Количественные нормы водопотребления 17
Глава 2. Качество воды 22
2.1. Факторы, определяющие качество воды 22
2.1.1. Органолептические свойства 22
2.1.2. Химический состав природной воды 25
Показатели возможного загрязнения воды патогенными микроорганизмами 26
Соединения азота 26
Конец ознакомительного фрагмента. 30

Владимир Нарыков, Юрий Лизунов, Михаил Бокарев Гигиена водоснабжения. Учебное пособие

© ООО «Издательство „СпецЛит"», 2009

Условные сокращения

БПК – биохимическое потребление кислорода
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтил
ДТС-ГК – двутретьосновная соль гипохлорита кальция
ЗСО – зона санитарной охраны
ИЗВ – индекс загрязнения воды
ИЭР – импульсный электрический разряд
Кс – коэффициент суточной неравномерности
Кч – коэффициент часовой неравномерности
КЭС – квартирно-эксплуатационная служба
ЛКП – лактозоположительные кишечные палочки
МАИР – Международное агентство по изучению рака
МТК – мелкие трубчатые колодцы
НГК – нейтральный гипохлорит кальция
НРБ – норма радиационной безопасности
ОВ – отравляющие вещества
ОКБ – общие колиформные бактерии
ОМЧ – общее микробное число
ПАУ – полициклические ароматические углеводороды
ПДК – предельно допустимая концентрация
ПХБ – полихлорированные бифенилы
РВ – радиоактивные вещества
СДЯВ – сильнодействующие ядовитые вещества
СОЗ – стойкие органические загрязняющие вещества
СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества
СПМО – санитарно-показательные микроорганизмы
ТГМ – тригалометаны
ТКБ – термотолерантные колиформные бактерии
ТХДД – тетрахлордибензо-п-диоксин
ТХДФ – тетрахлордибензофуран
УЗ – ультразвук
УФ – ультрафиолетовый
ХПК – химическое потребление кислорода
pH – водородный показатель
ТОС – показатель общего органического углерода

Предисловие

Современные представления о роли воды в создании благоприятных условий жизнедеятельности населения, обеспечении устойчивого развития экономики позволяют считать водный фактор одним из определяющих в жизни человеческого общества. Пресные воды в настоящее время становятся главным полезным ресурсом, наличие их во многом будет определять возможность не только развития, но и существования отдельных государств. При условии сохранения сложившихся структуры использования воды и культуры водопотребления во многих странах мира к 2025 г. возникнет критическая ситуация с водными ресурсами: около 40 % населения Земли будет жить в условиях острой нехватки пресной, особенно питьевой, воды (Шикломанов И. А. [и др.], 2002).

В России, несмотря на большие в целом запасы пресной воды, на протяжении последних 25–30 лет проблема водоснабжения выдвинулась в число наиболее острых социальных проблем. Снижение водообеспеченности, наблюдаемое в ряде регионов страны, ухудшение экологической обстановки и санитарного состояния источников воды требуют принятия серьезных организационных и технических решений. Нельзя не учитывать, что в условиях нарастающего антропогенного загрязнения природной среды заметно возросла роль воды как фактора обеспечения социального благополучия и здоровья населения и одновременно как элемента риска распространения инфекционных, особенно вирусных, заболеваний.

К сожалению, в настоящее время ощущается явный дефицит учебной литературы для студентов медицинских институтов, отражающей современное состояние гигиены водоснабжения. Вышедшие за последние пять лет учебное пособие «Коммунальная гигиена» (2005) и «Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения» (2008) (оба – под редакцией В. Т. Мазаева), а также учебное пособие «Гигиена водоснабжения войск» (издательство Военно-медицинской академии, 2008) ориентированы преимущественно на системы послевузовского профессионального образования. В связи с этим возникла необходимость издания соответствующего пособия, рассчитанного на программу подготовки студентов по специальности «Лечебное дело».

Все замечания и пожелания авторы примут с благодарностью в надежде учесть их при переиздании пособия.

Глава 1. Вода в природе и ее значение для человека

1.1. Водные ресурсы Земли

Вода относится к числу наиболее важных природных ресурсов планеты, не имеющих замены. От ее наличия и качества зависит состояние здоровья людей, уровень их санитарно-эпидемиологического благополучия, степень комфортности и, как следствие, социальная стабильность общества. Исключительная роль воды осознавалась людьми с древнейших времен. Один из семи великих мудрецов древности, основоположник греческой науки, философ, математик и астроном Фалес Милетский (624–548 гг. до н. э.) считал, что вода как жидкое, подвижное, всепроникающее явилась первоначалом и сущностью всего. Эта философская оценка роли воды не отрицается и в наше время: согласно теории известного российского ученого А. И. Опарина жизнь на планете зародилась в водной среде.

Общее количество воды на Земле (гидросфера) составляет примерно 1,5 млрд км^3. Однако основная ее масса (около 94 %) представлена соленой водой океанов и морей. На долю пресной воды приходится менее 2 % и сосредоточена она в основном в ледниках Гренландии и Антарктиды. Таким образом, для использования в хозяйственно-питьевых целях доступно менее 0,2 % от общего количества воды – это вода рек, озер, водохранилищ, почвенная влага, пары атмосферы и верхние водоносные горизонты земной коры (табл. 1).

Земная вода находится в постоянном кругообороте. Под влиянием солнечной радиации с поверхности океанов, морей, рек, озер, почвы и растительности ежегодно испаряется 525 тыс. км^3 воды. Большая часть этой влаги выпадает в виде атмосферных осадков непосредственно на поверхность океанов и морей, совершая так называемый малый круговорот. Большой круговорот представляет собой многообразный процесс перемещения, расходования и возобновления влаги на земной поверхности, в недрах земли и в атмосфере. Атмосферные осадки, орошая поверхность материков, частично просачиваются в почву, частично стекают по склонам и образуют ручьи, реки, озера, болота. Поглощенная почвой вода частью испаряется, частью просачивается вглубь и формирует подземные воды. Последние участвуют в питании рек, озер или достигают моря подземными путями. Упрощенная схема круговорота воды в природе представлена на рис. 1.

Таблица 1. **Запасы воды на земном шаре** (Львович М. И., 1969)

Составляющие	Объем, тыс. км^3	Процент от общего объема
Мировой океан	1 370 323	93,94
Подземные воды земной коры	60 000	4,11
в том числе зоны активного водообмена	4000	0,27
Ледники	24 000	1,65
Озера и водохранилища	280	0,019
Почвенная влага	75	0,05
Пары атмосферы	14	0,001
Речные воды	1	0,00007
Всего	1458 693	100,04

Рис. 1. Схема круговорота воды (Горский Н. Н., 1962)

Роль воды неизмеримо высока. Без нее невозможно существование животного и растительного мира. Вода регулирует климат планеты, выступает в качестве одного из основных ландшафтнообразующих факторов, в значительной мере определяющих тип почвы и вид растительного покрова; является важнейшим условием протекания геологических процессов, кругооборота веществ в природе. Великий русский ученый, основоположник учения о биосфере 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… которое ее бы не заключало» (Вернадский В. И., 1936).

Без воды невозможно осуществление хозяйственной и промышленной деятельности людей. Вода необходима для большинства технологических процессов в промышленности, производства энергии, стали, чугуна, добычи полезных ископаемых. Нормами водопотребления в промышленности на производство 1 т продукции предусмотрен расход от 200 до 2000 м^3 воды. Сельское хозяйство и животноводство также требуют значительных затрат воды: на производство 1 т зерна необходимо 1000 м^3; картофеля – 500–1500 м^3; говядины – 15000–70000 м^3.

Основными потребителями воды являются жилищно-коммунальное хозяйство, атомные и тепловые электростанции, сталеплавильные заводы и бумажные фабрики, сельскохозяйственные гидромелиоративные системы.

Вода имеет важное рекреационное значение. Наличие водоемов дает возможность для полноценного отдыха, занятия спортом, рыбалкой, что важно для поддержания физического и психического здоровья людей. Внутригородские декоративные водоемы и фонтаны, кроме того, имеют серьезное эстетическое и градообразующее значение, в определенной мере снижая моральный и экологический прессинг, оказываемый на человека современной городской средой.

Таким образом, современные представления о роли воды в создании благоприятных условий жизнедеятельности населения, обеспечении устойчивого развития экономики позволяют считать водный фактор одним из определяющих в жизни человеческого общества. Пресные воды в настоящее время становятся главным полезным ресурсом. Начиная с 70-х гг. XX в. обеспечение водой становится одной из главных мировых экологических и соци-

альных проблем. Несмотря на большие в целом запасы пресной воды, над человечеством нависает угроза «водного голода». Потребность в воде с каждым годом возрастает. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодный прирост водопотребления составляет около 4 % и каждые 20 лет удваивается. Между тем средняя водообеспеченность населения Земли за последние 30 лет XX в. уменьшилась в 1,7 раза, главным образом за счет увеличения его численности. По прогнозам ученых, к 30-м годам XXI в. более половины населения Земли будет испытывать недостаток пресной питьевой воды. Уже в настоящее время на планете такой дефицит ощущают более двух миллиардов человек.

Проблема нехватки питьевой воды становится одной из глобальных проблем XXI в. Водообеспечение напрямую связано с проблемой безопасности в условиях взаимозависимого мира. Возрастает вероятность военных конфликтов за право владеть источниками пресной воды. Вода превращается в один из решающих факторов геополитики.

С целью экономии воды в индустриально развитых странах Западной Европы, где особенно остро ощущается ее недостаток, развивается и законодательно поощряется водосберегающая технология в промышленности, разрабатываются более совершенные бытовые приборы, значительно сокращающие расход чистой воды. Если в середине 80-х гг. XX в. стиральные машины в Германии расходовали 100–120 л воды на одну стирку, то к 2000 г. – лишь 60–70. В 1960-х гг. в Японии для производства товаров на 1 млн долларов требовалось 50 млн л воды, в 1990-х этот показатель сократился до 13 млн.

Обеспокоенность мирового сообщества наличием и использованием воды демонстрируется тем, что на протяжении последней четверти XX и в начале XXI в. обеспечение водой населения Земли неоднократно обсуждалось на самых представительных международных форумах. На одном из них, проходившем в 2003 г. в Душанбе, 2005–2015 гг. объявлены десятилетием чистой природной воды. Решением конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г., 22 марта ежегодно отмечается как Всемирный день воды.

1.2. Проблемы водоснабжения населения России

Россия по запасам воды относится к высокообеспеченным странам, ее водный потенциал превышает 30 тыс. м^3/год на одного человека. Для сравнения, на одного жителя в Европе приходится 4,6, в Азии – 5,2, в среднем на одного жителя Земли – 9,0 тыс. м^3/год воды. В одном лишь озере Байкал сосредоточено около одной пятой части всех мировых запасов пресной воды планеты. Тем не менее на рубеже 90-х гг. XX в. в стране все более стала проявляться напряженная обстановка с обеспечением населения доброкачественной водой.

Одна из причин такого положения – неравномерность распределения водных ресурсов: около 90 % речного стока приходится на зону Сибири, Дальнего Востока и Север европейской части России, тогда как 80 % производственного потенциала и 85 % населения сосредоточено в центральных и южных районах страны (табл. 2). В европейской части страны речной сток составляет менее 3 тыс. м^3/год на человека, т. е. лишь десятую часть общероссийского уровня. Это ниже удельной водообеспеченности населения в Европе и намного ниже среднего мирового показателя. Вода в данном регионе расценивается как стратегический ресурс, составляющий предмет государственной безопасности и определяющий здоровье населения.

Таблица 2. **Водообеспеченность экономических районов России** (Государственный доклад «Вода питьевая», 1995)

Район	Водообеспеченность, тыс. м^3/год	
	на 1 км^2 территории	на одного жителя
Северный	349	90,6
Северо-Западный	455	11,6
Центральный	232	3,9
Волго-Вятский	576	18,2
Центрально-Черноземный	125	2,7
Поволжский	503	17,3
Северо-Кавказский	195	4,3
Уральский	157	6,6
Западно-Сибирский	241	44,7
Восточно-Сибирский	273	136
Дальневосточный	290	297
РФ в целом	–	30

В этой связи большое значение приобретает необходимость бережного отношения к воде. Следует признать, что в целом в России эта задача пока еще в полной мере не осознана. В городах Западной Европы удельное (в среднем на одного человека) водопотребление составляет 150–170 л в сутки. В России на 2002 г. эта величина составила в среднем 260 л, а в ряде регионов – от 300 до 500 л и выше. Непроизводительные потери воды в разводящих сетях (утечки, аварии) достигают 20–40 %. В стране в целом преобладает расточительное водопользование в промышленности и быту, увеличение водоемкости производства. Возврат воды в водоемы происходит не в полной мере. Годовой сток рек центральных и южных районов страны к 2000 г. снизился в целом на 30–50 %. Практически исчерпаны

возможности допустимого водоотбора в бассейне Кубани и Терека, где показатель количественного использования воды составил к 1999 г. соответственно 81,3 % и 48 % от среднемноголетнего стока. К верхнему пределу допустимого использования водных ресурсов близки реки Урал (23,9 %) и Дон (22,4 %). В Нижнем Поволжье, Калмыкии, Ставропольском крае в настоящее время постоянно ощущается недостаток воды.

Второй, не менее важной, причиной является неудовлетворительное состояние водных объектов и их нерациональное использование. Как отмечается в Государственном докладе «Вода питьевая» (1995), в результате антропогенного загрязнения около 70 % рек и озер и 30 % запасов подземных вод утратили свое значение как источники питьевого водоснабжения. Лишь 1 % воды поверхностных источников обеспечивает получение доброкачественной питьевой воды при существующих технологиях водоподготовки. Для России это особенно чувствительно, поскольку 68 % коммунальных водопроводов питаются водой именно из поверхностных источников. По данным Роспотребнадзора, в 2006 г. почти каждая третья проба воды из водоемов I категории (используемых для хозяйственно-питьевых целей) не отвечала гигиеническим нормам по санитарно-химическим показателям, почти каждая четвертая – по микробиологическим. В отдельных регионах доля неудовлетворительных проб воды источников водоснабжения превышала 50–80 %. В целом более половины населения страны, а в некоторых регионах до 70 %, вынуждены пользоваться водой, не отвечающей требованиям гигиенических нормативов.

Прогрессирующее загрязнение поверхностных и подземных вод во многих районах приводит к сокращению возможности использования водных ресурсов, изменяет их химический состав и нарушает экологию. В результате экологических изменений происходит повсеместное ухудшение условий жизни и здоровья людей, развивается общая заболеваемость, расширяются ареалы опасных инфекций. Из года в год регистрируется значительное число вспышек заболеваний населения острыми кишечными инфекциями, вирусным гепатитом А и другими инфекционными болезнями, передающимися через воду. Основные виды заболеваний, связанных с потреблением некачественной воды, представлены в табл. 3.

Помимо прямого влияния на здоровье и работоспособность населения загрязнение водоисточников наносит также ощутимый экономический ущерб. Рост уровня загрязненности водоемов в результате сброса неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод требует внедрения на станциях водоподготовки новых дорогостоящих методов очистки питьевой воды, совершенствования очистных сооружений. Увеличиваются расходы реагентов, электроэнергии, износ водопроводных сетей и сооружений. В целом в загрязненных водоемах удельные затраты на водоподготовку в 1,5–2,5 раза выше по сравнению с относительно благополучными участками.

Таблица 3. **Заболевания, связанные с потреблением некачественной воды** (Рахманин Ю. А. и др., 1995)

Виды загрязнений	Заболевания	Районы выявления
Бактерии и вирусы	Острые кишечные инфекции, вирусный гепатит	Северный, Северо-Западный, Восточно-Сибирский, Дагестан, Дальневосточный
Хлорорганические углеводороды	Отравления, угнетение иммунного статуса	Уфа, Оренбург, Тюмень, Чапаевск (Самарская обл.)
Хлориды и сульфаты	Желудочно-кишечные и сердечо-сосудистые заболевания	Поволжье
Азот- и хлорсодержащие соединения	Хронические нефриты и гепатиты, токсикозы беременности, врожденные аномалии развития	Кемерово, Юрга
Бор, бром	Заболевания органов пищеварения у детей	Шадринск (Курганская обл.)
Нитриты	Подавление кроветворной деятельности	Липецк
Алюминий	Угнетающее действие на центральную нервную и иммунную систему детей	Малая Вишера (Новгородская обл.)

Для сохранения водных ресурсов, уменьшения последствий «водного голода» необходимо проведение комплекса мероприятий, которые можно разделить на два направления. Наиболее важным из них следует признать сохранение качества природных вод путем уменьшения выпуска и более эффективной очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, применения передовых технологий, снижающих количество вредных выбросов в водоемы. Второе направление предусматривает рациональное использование водных ресурсов, экономию воды для бытовых и производственных нужд, снижение водоемкости производства, борьбу с необоснованными ее потерями.

Таким образом, обеспечение населения и хозяйственного комплекса России водой становится одной из главных социально-экономических проблем.

1.3. Значение воды для человека

Вода является веществом, совершенно необходимым для жизни человека, животных и растений. Она составляет основу внутренней среды животных и растительных организмов. Установлено, что содержание воды в теле взрослого человека составляет в среднем от 50 % (у женщин) до 60 % (у мужчин); в организме новорожденных – до 74 %, а у эмбриона – до 97 %. Особая роль воды в живом организме во многом обусловлена необычными свойствами ее молекулы. Атомы водорода в ней располагаются по отношению к ядру атома кислорода несимметрично, под углом 105°, вследствие чего их центры размещены как бы по углам равнобедренного треугольника, на вершине которого находится ядро атома кислорода. Кислород оттягивает на себя электроны атомов водорода и таким образом создает в молекуле воды два электростатических центра тяжести: положительный (атомы водорода) и отрицательный (атом кислорода), в результате чего молекула становится полярной.

Вследствие высокой полярности своих молекул вода обладает наибольшей способностью ослаблять связи между частицами, молекулами и ионами многих веществ, что делает ее почти универсальным растворителем. Это чрезвычайно важно для протекания биохимических реакций метаболизма, поскольку всасывание питательных веществ из желудочно-кишечного тракта, доставка их к органам и тканям, удаление продуктов метаболизма возможны лишь в растворенном состоянии. Кроме того, являясь главной внутренней средой организма, вода выступает как основа формирования двух важнейших биологических констант – кислотно-щелочного и осмотического равновесия.

Уникальные теплофизические свойства воды определяют ее важную роль в теплообмене человека с окружающей средой, а также в тепловом балансе планеты. Следует отметить, что вода является наиболее подходящим веществом для выполнения названной функции, поскольку она обладает самыми большими из всех известных веществ удельной теплоемкостью (на нагревание 1 кг воды требуется $4{,}19 \times 10^3$ Дж энергии) и скрытой теплотой парообразования (на испарение 1 кг воды расходуется $2{,}5 \times 10^6$ Дж энергии). Большая теплоемкость воды способствует сохранению температуры тела при переходах от тепла к холоду, а также эффективному переносу тепла от внутренних органов и мышц к коже (внутренний конвекционный теплообмен). Этим же свойством в немалой степени определяется климат нашей планеты, так как летом вода океанов, морей и крупных озер накапливает большое количество тепла, которое затем постепенно передается воздуху, нагревая его в холодный и переходный периоды года. Благодаря высокой скрытой теплоте парообразования организм расходует сравнительно мало пота на то, чтобы отдать в окружающую среду значительное количество тепла.

Однако роль воды в жизни человека этим не ограничивается. В гораздо больших количествах она требуется для технических, хозяйственно-бытовых и эстетических нужд современного человека. Умывание, мытье тела, стирка белья, поддержание в чистоте жилища и территории дворов и улиц осуществляется с помощью воды. Доброкачественная вода обеспечивает нормальную работу пищевой промышленности, где она расходуется как для технологических нужд, так и при вспомогательных операциях. На производство 1 т молочной продукции расходуется не менее 1 т питьевой воды, на одну банку овощных консервов – до 40 л. Санитарное состояние лечебно-профилактических учреждений также зависит от количества потребляемой воды: для обеспечения должного санитарного режима в больнице необходимо не менее 250 л доброкачественной воды на одну койку. Значительное количество воды расходуется в городах на борьбу с пылью и для полива зеленых насаждений. Не случайно уровень бытового благоустройства нередко измеряют количеством воды, расходу-

емым одним человеком: в развивающихся странах «третьего мира» эта величина составляет около 100 $м^3$ в год, а в США – 2000 $м^3$.

1.4. Вода и здоровье людей

Вода может приносить людям не только благо, но и неисчерпаемые бедствия, особенно при неумелом пользовании ею. До того как были найдены эффективные способы очистки и обеззараживания воды, болезни, способные передаваться через воду, беспрерывно тревожили человечество, принимая порой характер грозных эпидемий, охватывающих целые государства. Наиболее часто вспыхивали водные эпидемии брюшного тифа и холеры. Известна водная эпидемия брюшного тифа в Ростове (1926), во время которой в течение нескольких дней заболело 2978 человек. Особенно опустошительными были эпидемии холеры, охватывавшие города и целые страны, превращаясь в пандемии. За 108 лет (1817–1925) шесть холерных пандемий охватили страны Азии, Европы и Америку. Основной путь распространения холеры – через воду, примером чему может служить эпидемия холеры в Гамбурге (1882), жители которого пользовались неочищенной водой из Эльбы. В период этой эпидемии количество заболевших в некоторые дни достигало 1000 человек. Водный характер носила эпидемия холеры в Петербурге (1908–1909), унесшая около 4000 жизней из 20 000 заболевших.

По степени влияния на заболеваемость населения среди множества факторов вода занимает первое место. По данным ВОЗ, до 80 % всех болезней на нашей планете обусловлены употреблением недоброкачественной питьевой воды или неблагоприятными санитарными условиями жизни.

Через воду в обычных житейских условиях могут передаваться почти все болезни кишечной группы: брюшной тиф, паратифы А и Б, холера, дизентерия (бациллярная и амебная), некоторые зоонозы (туляремия, лептоспироз). Кроме того, вода может быть переносчиком различного рода зародышей глистов (аскариды, власоглав) и простейших (амебы, лямблии, балантидии, криптоспоридии и др). Некоторые паразитические черви, например лентец широкий, печеночная двуустка, непосредственно через воду не передаются, но их развитие связано с водной средой.

Кишечные вирусы, попадая в природную среду с выделениями человека, могут загрязнять воды открытых водоемов, а в условиях недостаточной очистки и обеззараживания – питьевую воду. В настоящее время известно более 120 различных вирусов (энтеровирусы, включая вирус полиомиелита, рота-, адено- и коронавирусы, вирусы гепатита А и др.), которые с фекалиями человека попадают в окружающую природную среду. Они вызывают у человека заболевания, различающиеся по степени тяжести (от легких и латентных форм до крайне тяжелых) и характеру поражения органов и систем (вирусные гепатиты, миокардиты, серозные менингиты, параличи, гастроэнтериты, конъюктивиты и др.).

Во время боевых действий в случае применения противником бактериологического оружия или в диверсионных целях вода, в дополнение к перечисленным возбудителям, может быть заражена палочками чумы, сибирской язвы, сапа, возбудителями пищевых токсикоинфекций, токсином ботулизма и т. п.

Кроме патогенных микроорганизмов, в воду, особенно в последнее время, могут попадать различные химические и радиоактивные вещества, многие из которых оказываются вредными для здоровья людей или нарушают экологический режим в водоемах.

Значение воды для здоровья людей определяется не только возможностью распространения инфекционных и паразитарных заболеваний. Вода поставляет в организм многие минеральные вещества, необходимые для нормального роста и развития детей, играющие важную роль в регуляции обмена веществ, формировании иммунитета, устойчивости организма к действию вредных факторов окружающей среды. К таким веществам относятся кальций, магний, йод, фтор и ряд других макро- и микроэлементов. Избыток или недостаток

минеральных солей в питьевой воде, как в целом, так и в отношении отдельных элементов, может служить этиологическим фактором целого ряда заболеваний, таких как эндемический зоб, кариес зубов, флюороз, метгемоглобинемия детей и др. Потребление воды с повышенным содержанием вредных веществ приводит к различным токсемиям и хроническим заболеваниям.

1.5. Количественные нормы водопотребления

С позиции гигиены, за норму водопотребления принимаются *нижние границы оптимума, удовлетворяющие потребность людей без значительного снижения общего санитарно-гигиенического уровня жизни*. Само собой разумеется, что понятие «оптимум» и его границы могут меняться в зависимости от конкретных условий обстановки, привычек, общекультурного уровня населения и т. п. Однако во всех случаях нормативы должны предусматривать удовлетворение наиболее важных потребностей как отдельного человека, так и коллектива в целом. Эти потребности можно разделить на физиологические, хозяйственно-бытовые (гигиенические) и технические.

Физиологические нужды организма удовлетворяются при питье воды, чая, напитков, а также водой, входящей в состав пищевых продуктов и готовой пищи. Кроме того, некоторое количество воды образуется за счет окисления питательных веществ в процессе обмена веществ. При окислении 1 г углеводов образуется 0,55 г метаболической воды; при окислениии 1 г жиров – 1,07 г; 1 г белков -0,4 г метаболической воды. За сутки в среднем в организме может образоваться 350–400 мл эндогенной воды.

Установлено, что в условиях покоя и комфортного микроклимата взрослому человеку в сутки требуется примерно 40 г воды на 1 кг массы тела, детям – в 2–2,5 раза больше, что объясняется как интенсивностью метаболических процессов, так и морфологическими особенностями детского организма. Нормальное потребление воды здоровым человеком составляет 2200–2500 мл в сутки (табл. 4). За минимальную суточную потребность в воде в неосложненных условиях, по данным ВОЗ, принято считать 1750 мл, в том числе 650 мл – питье, 750 мл – вода в составе пищи, 350 мл – вода окисления.

Потребность в воде резко возрастает, если человек выполняет физическую работу, особенно в условиях высокой температуры окружающей среды. В этом случае большое количество ее расходуется организмом на нужды теплоотдачи путем испарения пота. Если в обычных условиях испарением обеспечивается 20–25 % суммарных теплопотерь организма, то при высокой температуре воздуха этот путь теплоотдачи становится ведущим, при этом потери воды организмом могут достигать одного и более литров в час. В табл. 5 представлены результаты специальных физиолого-гигиенических исследований величины влагопотерь военнослужащих сухопутных войск, проходивших службу в различных климатогеографических зонах. Как видно из таблицы, в дни наиболее интенсивной нагрузки в жарких условиях влагопотери в ряде случаев превышали 10 л в сутки. В среднем людям в состоянии относительного покоя, в тени при температуре воздуха 30–32 °С требуется примерно 4–5 л воды в сутки. При выполнении работы средней тяжести на солнцепеке требуется уже 7–8 л, а в случае выполнения тяжелой работы нужно не менее 10–11 л воды. В более прохладные дни при средней температуре воздуха 25–26 °С требуется в зависимости от интенсивности физической нагрузки 3–5 л воды.

Таблица 4. **Суточный обмен воды у человека**

Поступление	Объем, л	Выделение	Объем, л
Питье Пища Вода окисления	1,2 1,0 0,3	С мочой С калом Испарение с кожи и легких	1,5 0,1 0,9
Всего	2,5	Всего	2,5

Несвоевременное или недостаточное возмещение потерь жидкости может привести к тяжелым последствиям – возникновению тепловых и дегидратационных поражений. Первые симптомы недостатка воды в виде жажды появляются при дефиците жидкости 0,5–1,0 % от массы тела. Потеря воды в пределах 4–5 % проявляется мучительной жаждой, сухостью слизистых, уменьшением потоотделения. Дефицит жидкости 6–8 % сопряжен с прекращением потоотделения, резким снижением работоспособности, нарушением кровообращения из-за сгущения крови. При недостатке воды в пределах 10 % и более наступает практически полная потеря работоспособности, появляются грозные симптомы нарушения мозгового кровообращения (бред, галлюцинации, психическое возбуждение). Потеря 15–20 % воды от массы тела вызывает необратимые явления в организме, которые обычно приводят к смерти.

Таблица 5. **Влагопотери военнослужащих при плановой учебно-боевой подготовке** (Нарыков В. И., 1990)

Характер деятельности	Метеоусловия		Влагопотери, л/сут	
	Максимальная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Средняя величина	Пределы колебаний
Учебные занятия в гарнизоне	22	60	3,2	1,9–4,5
	30	67	4,8	3,1–6,5
	41	36	6,5	4,7–7,6
Марш на 20 км по пересеченной местности	30	56	5,7	4,6–7,6
Полевые занятия с марш-броском	34	35	6,8	5,2–10,3

Поддержание нормального водного баланса и сохранение работоспособности организма в условиях высокой тепловой и физической нагрузки во многом определяется правильным питьевым режимом. К сожалению, существует широко распространенное мнение, что в этих случаях следует воздерживаться от питья. Утоление жажды в данных условиях якобы приводит к переполнению водой желудка, перегрузке сердечно-сосудистой системы и вымыванию солей из организма. Утверждается также, что чувство жажды не отражает действительной потребности организма в воде и попытки удовлетворить жажду приводят лишь к увеличению потоотделения. Однако еще в 40–50-х гг. XX в. на основании исследований отечественных и зарубежных ученых (П. Е. Калмыков, Ф. Т. Еронин, Е. Адольф) было установлено, что интенсивность потоотделения определяется только величиной тепловой нагрузки и практически не зависит от количества выпитой воды. При этом лица, потреблявшие воду по мере возникновения жажды при нагрузке на жаре, гораздо лучше сохраняют работоспособность по сравнению с теми, кто воздерживался от питья. Более того, было показано, что при свободном питьевом режиме даже при полном утолении жажды количество выпиваемой воды значительно (иногда наполовину) меньше ее потерь с потом. Невосполненный дефицит жидкости отрицательно сказывается на тепловой и физической толерантности, увеличивает вероятность тепловых поражений, особенно у молодых солдат. Данное явление получило название *добровольной,* или *непроизвольной,* дегидратации. Для борьбы с этим явлением рекомендуется режим питья по команде (в ряде зарубежных армий он даже введен в полевые уставы и инструкции). Таким образом, теория и практика ограничения

питья воды при выполнении физической нагрузки в жаркую погоду признаны несостоятельными.

Нормы водопотребления в обычных условиях обусловлены необходимостью удовлетворения хозяйственно-бытовых и технических потребностей людей. Они, собственно, и определяют нормы в целом, а также необходимость их периодического пересмотра. Современный городской житель Западной Европы потребляет 115–125 л воды в сутки, в том числе: питье и приготовление пищи – 5, гигиена тела – 30–40, уход за жилищем – 10, смыв в туалете – 18, поливка зеленых насаждений – 32, общекоммунальные расходы – 20 л. Немаловажное значение имеет культура водопотребления, понимание ценности воды как жизненно необходимого и дефицитного природного продукта.

Планируемые нормы снабжения водой населенных пунктов определяются федеральным документом – «Строительные нормы и правила СНиП 2.04.02–84 (табл. 6) – и составляют 125–350 л на человека в сутки в зависимости от степени благоустройства; для районов с нецентрализованным водоснабжением, где жители пользуются водой из водоразборных колонок, эта норма составляет 30–50 л.

Таблица 6. **Нормы хозяйственно-бытового водопотребления для населенных пунктов** (СНиП 2.04.02–84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», с измен. 2000)

Степень благоустройства районов жилой застройки	Среднесуточное (за год) водопотребление на одного жителя, л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	125–160
с ваннами и местными водонагревателями	160–230
с централизованным горячим водоснабжением	230–350
Район застройки с водопользованием из водоразборных колонок	30–50

Мощность водопроводных сооружений, насосов, сечение водопроводных труб должны учитывать вероятность значительных колебаний расхода воды в населенных пунктах в течение суток и в разные дни недели. В противном случае население часто оказывалось бы перед фактом перерывов в ее подаче. Недостаточный напор воды при ее интенсивном заборе может, кроме того, привести к созданию отрицательного давления в трубах и подсосу грунтовой воды, что нередко служит причиной возникновения вспышек острых кишечных инфекций. Во избежание этого в расчеты водопотребления вводятся максимальные и минимальные коэффициенты суточной (Кс) и часовой (Кч) неравномерности, на которые умножаются величины норм суточного потребления воды. Величина суточного максимального коэффициента неравномерности составляет 1,1–1,3, суточного минимального – 0,7–0,9. Коэффициент часовой неравномерности водопотребления колеблется в пределах 1,15–1,6, а для общественных зданий – до 3,0 и более.

В дополнение к нормам, определяющим расход воды в жилых помещениях и общественных зданиях, на каждого рабочего, занятого на промышленном предприятии, должна быть предусмотрена подача следующих количеств хозяйственно-питьевой воды (за смену):

– при работе в горячих цехах (с тепловыделением 20 ккал/м^3 в час) – 45 л;

– при работе в обычных цехах – 25 л;

– на предприятиях, не имеющих бытовой канализации, норма водоснабжения снижается до 15 л.

Нормы водоснабжения, принятые в Вооруженных силах РФ, в соответствии с различием в образе жизни военнослужащих, делятся на полевые и стационарные. Полевыми нормами руководствуются при организации водоснабжения войск в маневренных боевых условиях, а также в мирное время на учениях, при перевозках, в походах. Стационарные нормы определяют обеспечение водой в мирное и военное время при расположении войск в военных городках (гарнизонах), а также военнослужащих учебных заведений и учреждений Министерства обороны. Приказом министра обороны РФ № 7 от 4.01.1996 предусматриваются следующие усредненные нормы расхода воды на бытовые и хозяйственные нужды в стационарных условиях (на одного военнослужащего в сутки):

– при отсутствии водопровода, канализации (привозная вода) – 40 л;

– при оборудовании водопроводом, без канализации – 100 л;

– при оборудовании водопроводом, канализацией, без горячей воды – 140 л;

– при оборудовании горячим водоснабжением – 225 л.

Полевые нормы значительно отличаются от стационарных в сторону уменьшения, поскольку в этом случае добыча и доставка войскам доброкачественной воды нередко бывает затруднена.

При выполнении подразделениями, группами и отдельными военнослужащими учебно-боевых и иных задач в отрыве от своих воинских частей, а также в боевых условиях нормы потребления воды устанавливаются в зависимости от погоды. При умеренной погоде (до 25 °С) норма расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды составляет 20 л, на санитарно-бытовые нужды – 40 л на одного военнослужащего в сутки; при жаркой погоде (более 25 °С) эта норма увеличивается соответственно до 30 и 50 л. Таким образом, всего на одного военнослужащего планируется воды питьевого качества: при умеренной погоде – 60 л/сут, при жаркой погоде – до 80 л/сут (табл. 7).

Таблица 7. **Суточные нормы обеспечения водой в полевых условиях (на одного военнослужащего), л/сут**

Вид потребления воды	При умеренной погоде (менее 25 °С)	При жаркой погоде (более 25 °С)
На хозяйственно-питьевые нужды		
Приготовление чая и запас воды во флягах	3,0	4,0
Приготовление пищи	3,0	3,5
Выпечка хлеба	1,0	1,0
Мытье кухонного инвентаря	2,0	2,5
Мытье индивидуальной посуды	1,0	2,0
Умывание и мытье рук	5,0	7,0
Ежедневное обтирание (душ)	5,0	10,0
ИТОГО	20,0	30,0
На санитарно-бытовые нужды		
Помывка личного состава	10,0	14,0
Стирка белья, обмундирования (2 кг)	20,0	20,0
Медицинские нужды	4,0	6,0
Уборка и санитарная обработка жилых помещений и мест общего пользования	6,0	10,0
ИТОГО	40,0	50,0
ВСЕГО	60,0	80,0

Глава 2. Качество воды

2.1. Факторы, определяющие качество воды

Под качеством воды, с гигиенической точки зрения, понимается совокупность свойств, определяющих ее пригодность для удовлетворения хозяйственно-питьевых, бытовых и технических потребностей людей. Критерии оценки качества в своей основе опираются на свойства чистой природной воды. Исходя из этого, мы говорим, что *доброкачественная вода должна быть бесцветной и прозрачной, не иметь посторонних запахов и привкусов, не содержать патогенных микроорганизмов и вредных для здоровья химических веществ.*

На схеме 1 представлены основные факторы, влияющие на качество природной воды, и их связь между собой.

2.1.1. Органолептические свойства

Гигиеническая оценка качества воды, как правило, начинается с рассмотрения ее органолептических свойств, к каковым относятся температура, мутность (прозрачность), цветность, вкус (привкус) и запах. Эти показатели наиболее доступны, легко определяются в любых условиях и поэтому издавна используются людьми для суждения о доброкачественности воды. Строго говоря, в этом перечне к собственно органолептическим относятся лишь запах и привкус воды; остальные (температура, мутность, цветность) характеризуют ее физические свойства, дисперсный и отчасти химический состав. Но поскольку все они оцениваются и нормируются по интенсивности восприятия органами чувств человека, в международной практике принято объединять их в одну группу органолептических показателей.

Температура воды открытых водоемов обычно соответствует температуре воздуха, несколько отставая от нее. Подземные воды имеют, как правило, температуру тех слоев земли, в которых они залегают. Будучи плохим проводником тепла, земля нивелирует суточные, а в более глубоких слоях и годовые колебания температуры, приводя ее к средним величинам. Отсюда следует, что данные о температуре воды, полученные за длительный промежуток времени (порядка одного года), могут служить ценными показателями степени защищенности подземного источника воды от проникновения в него поверхностных вод, а с ними – и загрязнений.

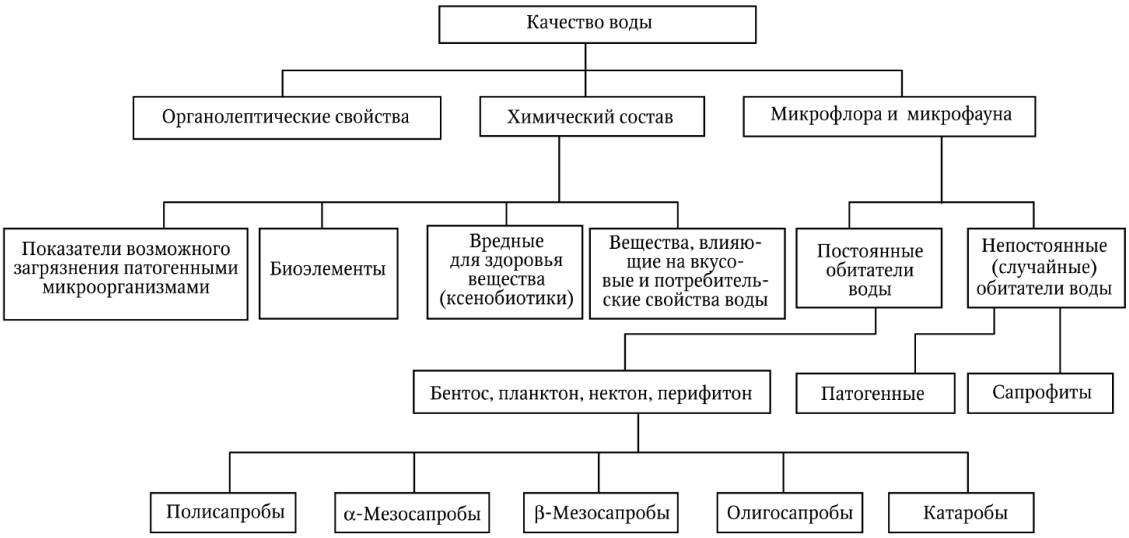

Схема 1. Факторы, определяющие качество природной воды

В современных условиях вследствие сброса в поверхностные водоемы большого количества сточных вод промышленных предприятий, особенно тепловых и атомных электростанций, наблюдается устойчивое повышение естественной (свойственной данному времени года) температуры воды поверхностных источников. Подобный процесс рассматривается как тепловое загрязнение водоемов. Летом в них замедляется жизнь аэробных организмов из-за уменьшения растворимости кислорода и, стало быть, затрудняются процессы самоочищения. Не случайно действующее водно-санитарное законодательство ограничивает повышение температуры воды поверхностных источников. Согласно правилам охраны поверхностных вод от загрязнения, летняя температуры воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет.

При оценке прямого теплового действия воды при ее потреблении следует иметь в виду, что наиболее приемлемой для питья считается вода с температурой 7–15 °С. Питье воды с температурой ниже 7 °С может вызвать значительное охлаждение слизистой глотки и пищевода и способствовать простудным заболеваниям. Вода с температурой 20 °С и выше теряет свое освежающее действие, воспринимается как невкусная, что особенно нежелательно при физической нагрузке в жаре. Такая вода даже при свободном и неограниченном питьевом режиме потребляется в меньшем количестве и способствует постепенному накоплению водного дефицита (непроизвольному обезвоживанию).

Мутность природных вод вызывается присутствием тонкодисперсных примесей, представленных нерастворимыми или коллоидными (неорганическими и органическими) веществами различного происхождения: песка, глины, железа, растительного или почвенного гумуса и др. Величина, обратная мутности, носит название *прозрачность* и характеризует способность воды пропускать видимый свет. Мутность определяют турбидиметрически (по ослаблению проходящего света) путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результаты выражают в мг/дм^3 (при использовании суспензии каолина) или в ЕМ/дм^3 (единиц мутности) – при использовании суспензии формазина. Чистая природная вода имеет мутность не более 1,5 мг/дм^3, или 2,6 ЕМ/дм^3.

Мерой прозрачности служит высота столба воды, через который можно различать на белой бумаге шрифт высотой 3,5 мм средней жирности или наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки). Прозрачность чистой воды составляет не менее 30 см. На практике для оценки качества питьевой воды величину прозрачности

определяют в тех случаях, когда мутность превышает 3 мг/дм^3; при меньшем ее значении для определения действительной прозрачности необходим слишком большой столб воды. Так, прозрачность воды озера Байкал (по диску Секки) при спокойной воде достигает 10 и более метров.

Мутность воды имеет большое значение при оценке ее качества. Известно, что мутная вода, помимо отрицательного, брезгливого к ней отношения, нередко имеет неприятный вкус и, что более важно, явно содержит посторонние вещества, свидетельствующие о неблагополучном санитарном состоянии водоисточника. Частицы мути, кроме того, сорбируют на своей поверхности различные микроорганизмы, в том числе и патогенные вирусы. Взвешенные вещества, содержащиеся в воде, затрудняют ее очистку, особенно обеззараживание, связывая (нейтрализуя) дезинфектанты и, таким образом, защищая бактерии и вирусы от действия обеззараживающих веществ. Не случайно, в соответствии с рекомендациями ВОЗ, одним из главных условий достижения необходимой степени обеззараживания воды является обеспечение минимально возможной ее мутности (не более 1 НЕФ).

В некоторых случаях прозрачная подземная вода, извлеченная на поверхность, через некоторое время мутнеет. Это происходит вследствие образования гидрата окиси железа или карбоната кальция из гидрокарбонатов:

$$2Fe(HCO3)_2 + {}^1/_2 O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

В первом случае имеет место окисление растворенного в воде железа кислородом воздуха; во втором – отдача свободной углекислоты воздуху. Для здоровья такое помутнение не опасно.

Цветность – это показатель качества, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных химических соединений. Количественно цветность выражается в градусах платино-кобальтовой (хромово-кобальтовой) шкалы. Доброкачественная питьевая вода должна быть бесцветной, т. е. иметь не более 20° цветности.

Цветность природных вод обусловлена, главным образом, присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа, которые окрашивают воду обычно в желтовато-бурый, а при большом их количестве даже в коричневый цвет. Зеленовато-голубую окраску придают воде соли закиси железа и свободная сера, образующаяся в результате окисления сероводорода (в Тбилиси – в банях, в Пятигорске – в санаториях); темный цвет – марганцовые соединения; красный оттенок – сульфобактерии. Сточные воды промышленных предприятий могут окрасить воду в любой цвет в зависимости от химической природы красителя.

Окраска воды, связанная с наличием гумусовых веществ и гидрата окиси железа, вреда для организма не представляет, тем не менее она нежелательна, так как, кроме неприятного эстетического чувства, нередко сопровождается ухудшением ее органолептических свойств. Высокая цветность воды в водоемах снижает содержание растворенного кислорода, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых соединений. Кроме того, гуминовые вещества являются предшественниками образования вредных побочных продуктов хлорирования воды (тригалометанов и других галогенорганических соединений), что рассматривается уже как существенный риск для здоровья.

Совершенно иное значение для оценки качества воды имеет окраска, обусловленная веществами, попавшими со сточными жидкостями. В этом случае она уже одна может дать

основание к запрещению использования данной воды для удовлетворения физиолого-гигиенических и нередко хозяйственно-бытовых нужд.

Вкус, привкус и запах. Питьевая вода должна обладать приятным освежающим вкусом и не иметь запаха. Растворенные соли, органические вещества, газы, поступающие в воду с промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками, а также вносимые в процессе ее обработки, могут придавать ей тот или иной привкус и запах. Так, например, ионы магния и бария придают воде горький вкус, ионы водорода – кислый, ионы большинства солей – соленый, гумусовые вещества – болотистые привкус и запах. Промышленные и хозяйственно-бытовые стоки нередко придают воде запах хлора, сероводорода, фенолов и хлорфенолов, нефтепродуктов и др.

Некоторые органические вещества могут проявлять или заметно усиливать свой запах после хлорирования воды. Так, запах карболовой кислоты (фенола) исчезает при концентрации 18 мг/л, но после хлорирования воды образующиеся хлорфенольные соединения обнаруживаются в концентрации 0,005 мг/л, т. е. интенсивность запаха возрастает в 3600 раз. Аналогичное «провоцирование» запаха возникает при хлорировании воды, содержащей бензин, эфирные соединения. Данное обстоятельство нередко используется для обнаружения связи подземных вод с различными источниками загрязнений.

Вкус, привкус и запах воды определяются методом экспертных оценок по пятибалльной шкале (табл. 8). Определение вкуса проводится при температуре воды 20 °С, запаха – при 20° и 60 °С. При выдаче потребителю вкус, привкус и запах ее не должны быть выше двух баллов.

Таблица 8. **Оценка вкуса, привкуса и запаха воды** (по ГОСТ 3351–74)

Характеристика	Интенсивность проявления	Баллы
Отсутствует	Не ощущается	0
Очень слабый	Не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании	1
Слабый	Замечается потребителем, если обратить на это его внимание	2
Заметный	Легко замечается потребителем и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливый	Обращает внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильный	Делает воду непригодной к употреблению	5

Значение органолептических свойств воды трудно переоценить. Человек издавна научился определять доброкачественность воды по наиболее доступным и легко определяемым показателям – вкусу, запаху, мутности и цветности. Любое отклонение этих свойств от привычных и хорошо знакомых ощущений, свойственных чистой воде, вызывает защитную реакцию в виде отказа от использования сомнительной воды. И это имеет под собой прямую физико-химическую основу, ибо чистая природная вода не имеет посторонних запахов и привкусов, прозрачна и бесцветна. На этом основан один из принципов нормирования содержания химических веществ в воде – *органолептический показатель вредности.* Суть его заключается в том, что вещества, даже не относящиеся к группе токсичных (вредных), не должны значительно изменять вкус, запах, мутность и цветность воды.

2.1.2. Химический состав природной воды

Химический состав природной воды очень сложен, в ней обнаруживается более половины известных химических элементов таблицы Менделеева. К числу наиболее распространенных и важных в смысле влияния на качество природной воды ингредиентов следует отнести анионы – Cl^{1-}, SO_4^{2-}, HCO_3^{2-}, CO_3^{2-}, NO_2^{1-}, NO_3^{1-}, HPO_3^{1-}, HS^{1-}; катионы – Na^{1+}, K^{1+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{7+}, NH_4^{1+}; плохо растворимые соединения алюминия и силиция (глины, пески); газы – O_2, CO_2, H_2S, N_2, CH_4; органические соединения – гумусовые вещества, пептоны, аминокислоты, мочевина и другие продукты распада животных и растительных организмов; микроэлементы – йод, фтор, кобальт, свинец, мышьяк, цинк, селен, ртуть, хром и т. д.; радиоактивные вещества.

Сочетания и количественные соотношения перечисленных веществ в природной воде могут быть самыми разнообразными в зависимости от гидрогеологических условий местности, а также промышленной и хозяйственно-бытовой деятельности людей. Тем не менее всё их многообразие можно разделить на следующие основные группы: 1) вещества, указывающие на возможность загрязнения воды патогенными микроорганизмами; 2) вещества, имеющие положительное физиологическое значение; 3) вещества, обладающие токсическими свойствами; 4) вещества, влияющие на вкусовые и другие потребительские свойства воды. Такая классификация химических веществ природной воды, сформулированная на основе предложений начальника кафедры общей и военной гигиены Военно-медицинской академии профессора П. Е. Калмыкова (1948), открыла возможность для разработки единых норм химического состава, которым должна отвечать доброкачественная вода. Кроме того, эта классификация позволяет понять происхождение и гигиеническую значимость определяемых в воде веществ, что особенно важно при выборе источника водоснабжения.

Совершенно очевидно, что для гигиенической оценки качества воды основное значение имеют вещества, входящие в состав первой, второй и третьей групп. Они в первую очередь нуждаются в нормировании. Что касается четвертой группы, то содержание их в воде может быть самым различным, вплоть до пределов вкусовой ощутимости.

Рассмотрим более подробно вещества, составляющие перечисленные группы.

Показатели возможного загрязнения воды патогенными микроорганизмами

В эту группу включены наиболее важные в гигиеническом отношении вещества и показатели, характеризующие качество воды с эпидемиологической точки зрения. Сюда относятся соединения, содержащие азот, органические вещества, обусловливающие так называемую окисляемость воды, хлориды, фосфаты, растворенный кислород и *биохимигеское потребление кислорода* (ВПК), *водородный показатель* (pH).

Соединения азота

Азот в воде может находиться в составе как органических, так и неорганических соединений. Органический азот представлен продуктами биодеградации (разложения) белков животного происхождения типа низших пептидов, аминокислот, мочевины и т. п. Кроме того, сюда относится азот, входящий в состав микроорганизмов, низших растений и неразложившихся остатков высших растений. В сумме они представляют так называемый альбуминоидный азот.

Из неорганических соединений азота в природной воде встречаются ионы аммония (NH_4), азотистой (NO_2) и азотной (NO_3) кислот. Они появляются в воде главным образом в результате конечного распада веществ белкового происхождения, т. е. аминокислот, мочевины и т. п. Причем вначале образуется аммиак:

$$RCHNH_2COOH + H_2O \rightarrow RCHOHCOOH + NH_3$$

Под действием ферментов нитрифицирующих бактерий *(Nitrosomonas)* в присутствии достаточного количества кислорода аммиак окисляется до азотистой кислоты:

$$NH_3 + O_2 \rightarrow HNO_2 + H_2\uparrow$$

Ферменты микробного семейства *Nitrobacter* окисляют азотистую кислоту до азотной:

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$$

Аммиак (ион аммония) является более доступным для определения и довольно хорошим индикатором недавнего загрязнения воды органическими веществами белковой природы. Основные источники его поступления в водные объекты – животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий при использовании удобрений, а также сточные воды пищевой, коксохимической, лесохимической промышленности. Однако в некоторых случаях заведомо чистая вода может содержать ион аммония в весьма значительных количествах. Это относится к водам глубокого грунтового происхождения и к воде, содержащей гумусовые вещества. В первом случае аммиак образуется за счет восстановления нитритов и нитратов сернистыми соединениями. Так, по результатам исследования воды примерно шестидесяти артезианских скважин Москвы, содержание аммиака в них колебалось от 0,01 до 0,75 мг/дм^3. Появление аммиака в поверхностных водах, содержащих большое количество гумусовых веществ, обусловлено тем, что они являются довольно сильными восстановителями, способными переводить нитраты в аммиак. В доброкачественной воде других источников аммиак, как правило, отсутствует или содержится в ничтожно малых количествах (не более 0,2 мг/дм^3), поэтому в каждом случае следует разобраться в причинах и источнике его происхождения.

Нитриты (ионы азотистой кислоты) имеют более важное значение, чем ион аммония, для определения загрязненности воды органическими отбросами животного происхождения. «Присутствие в воде для питья даже одной азотистой кислоты уже в высокой мере делает исследуемую воду подозрительной с точки зрения ее загрязненности и требует очень внимательного обследования источника», – подчеркивал профессор Г. В. Хлопин (1913). Свои выводы он подтвердил данными исследования загрязненной воды многих водоисточников, где, как правило, обнаруживалась азотистая кислота. Наиболее вероятным условием обнаружения нитрит-иона в воде является наличие интенсивного распада относительно нестойких (животного происхождения) органических веществ белковой природы, сопровождающегося выраженным процессом нитрификации. Этим, по-видимому, и следует объяснить большое санитарно-показательное значение нитритов.

Присутствие в природных водах нитратов (ионов азотной кислоты) связано с дальнейшей нитрификацией аммонийных ионов (см. выше), поступлением промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, стоком с сельскохозяйственных угодий, на которых применяются азотные удобрения. Нитрат-ион как показатель загрязнения воды имеет меньшее значение. Обнаружение его при отсутствии аммиака и нитритов указывает на загрязнение воды в прошлом, а в грунтовых водах – на загрязнение почвы, через которую они проходили. Контроль содержания нитратов, особенно в грунтовых водах, в настоящее время обусловлен, главным образом, их возможным токсическим действием. Исходя из этого, данный ингредиент воды рассматривается в группе веществ, оказывающих токсическое действие на организм человека.

Органические вещества, содержащиеся в природных водах, подразделяются на *аутохтонные,* образующиеся в водоемах за счет жизнедеятельности водных организмов и растений и их распада, и *гетерохтонные,* поступающие извне с атмосферными осадками, хозяй-

ственно-бытовыми и техническими сточными водами. Химический состав их весьма сложен и разнообразен. Что касается агрегатного состояния, то они могут находиться в виде истинных растворов, коллоидных взвесей и в виде суспензий.

Разнообразие форм существования органических веществ в воде чрезвычайно затрудняет их раздельное определение. Поэтому в настоящее время об их суммарном содержании судят по разнице массы сухого остатка до и после прокаливания или, чаще всего, по количеству миллиграммов кислорода, затраченного на окисление органических веществ в 1 дм^3 воды. Эту величину назвали *окисляемостью* воды. Существует несколько видов окисляемости в зависимости от применяемого окислителя: перманганатная, бихроматная, йодатная. Чем сильнее окислитель, тем более полным будет результат. Так, при окислении бихроматом калия окисляется до 90–95 % имеющихся органических соединений, а при использовании для этих целей марганцевокислого калия – только 40–45 %. Поэтому бихроматную окисляемость отличают от перманганатной и называют химическим потреблением кислорода (ХПК). Для бытовых сточных вод можно ориентировочно принять, что 1 мг загрязняющего органического вещества соответствует 1,2 мг/дм^3 ХПК. Перманганатная окисляемость, как менее сильная, «отвечает» лишь за 25 % органики по сравнению с данными ХПК (по требуемому расходу кислорода).

Количество органических веществ в природных водах может быть самое различное. Подземные воды обычно содержат их мало (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 дм^3), воды открытых водоемов – больше. В гигиенической практике для оценки качества воды хозяйственно-питьевого назначения преимущественно используется перманганатная окисляемость, тогда как бихроматная окисляемость (ХПК) применяется для контроля состава и степени очистки сточных вод. Перманганатная окисляемость грунтовых вод достигает 2–3 мг/дм^3, воды поверхностных источников – 6–8 мг/дм^3 кислорода.

Гигиеническое значение органических веществ зависит от их происхождения. Та часть из них, которая образуется за счет биологических процессов в самой воде, для оценки качества воды обычно большого значения не имеет. И наоборот, вещества, поступающие в воду с хозяйственно-бытовыми и производственными стоками, имеют огромное значение, так как указывают на опасность заражения воды патогенными микроорганизмами или токсическими веществами. Установлению природы органических веществ помогают осмотр водоисточника на месте и показатель цветности воды. Обнаружение высокой окисляемости при малой цветности, особенно в грунтовой воде, как правило, свидетельствует о попадании в нее органических веществ животного происхождения или промышленных стоков. Сочетание высокой окисляемости с большой цветностью воды лесисто-болотистого происхождения чаще всего связано с наличием в ней веществ растительного происхождения типа гумусовых соединений.

В настоящее время все большее распространение получает оценка органической загрязненности воды по содержанию *растворенного органического углерода.* Так, директива Совета Европы 98/83/ЕС включает определение общего органического углерода (ТОС) в состав показателей, применяемых для мониторинга качества питьевой воды. В России как нормативный показатель он используется пока только в целях нормирования качества бутилированной воды: для воды первой категории – не более 10 мг/л, для воды высшей категории – 5 мг/л, однако в научной практике он применяется достаточно широко.

Растворенный кислород. Источником растворенного кислорода в природных водах являются атмосфера и жизнедеятельность водных хлорофиллоносных организмов. Подземные воды часто не содержат кислорода вовсе. Степень насыщения кислородом поверхностных вод подвержена заметным колебаниям. При слабом развитии биологических и биохими-

ческих процессов она соответствует растворимости кислорода при температуре и давлении на момент исследования: 6–8 мг/л летом и 8–12 мг/л зимой.

Потребителями кислорода в природной воде являются в основном органические вещества животного происхождения, распадающиеся до простых соединений, а также некоторые микроорганизмы. Отсюда следует, что количество кислорода в воде может служить косвенным показателем степени ее загрязнения. Вода считается чистой, если в ней содержится 80–90 % кислорода от максимально возможного насыщения при данной температуре, сомнительного качества – 50–75 % и загрязненной – при наличии кислорода менее 50 % от максимального. Согласно санитарным правилам и нормам, содержание кислорода в воде в любой период года должно быть не менее 4 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч дня.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.