

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

БИОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗООГИГИЕНА
ВОДА: ВОДОИСТОЧНИКИ, ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие



Новосибирск 2022

УДК 619:614.9 (075)
ББК 48.11, я73
З 851

Кафедра Экологии

Составители: канд. с.-х. наук, доц. *А.А. Пермяков*,
канд. биол.наук, доц. *Г.А. Котомина*,
канд. биол.наук, доц. *Е.А. Тян*,
канд. биол.наук, проф. *Л.А. Литвина*

Рецензент канд. биол. наук, доцент *О.И. Себежко*

Зоогигиена. Вода: водоисточники, водоснабжение и основные методы санитарно-гигиенических исследований: учебно-методическое пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Биол.-технол. фак.; сост.: А.А. Пермяков, Г.А. Котомина, Е.А. Тян, Л.А. Литвина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2022. – 82 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с требованиями Федерального образовательного стандарта высшего образования, рабочего учебного плана и рабочей программы дисциплин «Зоогигиена» и «Гигиена животных». В нем освещены вопросы гигиены водоисточников и водоснабжения животноводческих предприятий, методы санитарно-гигиенических исследований воды, представлены контрольные вопросы по изучаемым разделам, приведен список рекомендуемой литературы.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки 36.03.02 Зоотехния, 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, специальности 36.05.01 Ветеринария.

Утверждено и рекомендовано к изданию учебно-методическим советом Биолого-технологического факультета (протокол №8 от 19 октября 2022 г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Вода – один из важнейших факторов внешней среды, от которого зависят здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных. Ее количество составляет в среднем 60-70% массы их тела. При недостатке воды в организме нарушается деятельность всех его систем и органов, а кроме того, накапливаются ядовитые продукты обмена, вызывающие отравление (интоксикацию).

Вода имеет и большое санитарное значение. Она необходима для подготовки кормов, обработки молочной посуды, ухода за животными, мойки, побелки и дезинфекции помещений, для личной гигиены работников ферм.

При оценке воды в животноводстве руководствуются СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» и ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.

Питьевая вода в животноводстве должна быть безопасной в эпизоотическом отношении, безвредной по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество воды устанавливают на основании санитарно-топографического обследования водоисточника, определения физических свойств и данных лабораторного анализа воды.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать:** гигиенические требования к воде; нормативную документацию по оценке качества воды; требования к организации водоснабжения и поения в стойловый и пастбищный периоды содержания животных; зоогигиенические требования к ведению скотоводства, свиноводства, овцеводства, коневодства и птицеводства;
- **уметь:** проводить санитарно-гигиенический контроль источников водо-

снабжения и качества воды, используемой для поения сельскохозяйственных животных и птицы; планировать зоогигиенические и профилактические мероприятия на животноводческих предприятиях;

- **владеть:** навыками взятия пробы воды с последующим определением их качества по ГОСТ; знаниями и навыками для санитарно-гигиенического контроля качества воды.

1. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

1.1 Значение воды в животноводстве

Большая часть поверхности нашей планеты (около 71%) покрыта Мировым океаном, составляющим 97% всех поверхностных вод Земли. Если срезать сушу и заполнить ею дно океанической чаши, то вся планета покроется слоем воды, равным приблизительно 3 км.

Все живое на нашей планете состоит на $\frac{2}{3}$ из воды. Без воды невозможно существование живых организмов. На организм животных вода как важнейший компонент среды обитания оказывает значительное влияние, начиная с периода эмбрионального развития. Вода содержится в кормах, в воздухе, в строительных материалах, почве и т.д. Она может менять их свойства, качества, что оказывает положительное или отрицательное влияние на организм животных.

Например, корова выпивает за сутки до 100-110 л воды, следовательно, за год ей необходимо до 36 500 л воды. Это превышает ее массу тела в 50-60 раз.

Содержание воды в организме в значительной степени зависит от вида, возраста, пола и типа тканей животных. Так, в организме собак вода составляет 65%, лошадей – 55, крупного рогатого скота – около 60, морских свинок и кроликов – 72, рыб – 80% от массы тела. В наземных растениях содержание воды составляет 50-75%, в водорослях – 95-99%. В организме молодого животного, особенно новорожденного, содержание воды значительно выше, чем у взрослого. В теле новорожденного теленка вода составляет 72%, полутороговалого – 61, взрослого быка – 52%. В организме жирных животных воды содержится относительно меньше, чем у тощих, т.к. жировая ткань бедна водой. Организм истощенной овцы содержит 60%, а жирной – 46% воды. Содержание воды в эмбрионах животных может достигать 97% их массы. Доля воды в отдельных тканях организма неодинакова. Любопытно, что, несмотря на высокое содержание воды, ткани представляют собой плотную массу. Объясняется это способностью воды вызывать набухание коллоидов в отличие от крови, которая, как известно, сама является

тканью, только жидкой. Содержание воды в крови (80%) лишь незначительно больше, чем, например, в сердечной мышце (78%). Таким образом, вода является основной биологической жидкостью. Она содержится в виде внутриклеточной воды, находящейся в клетках, и внеклеточной, находящейся внутри сосудистого русла (плазма) и в тканях (тканевая жидкость). В зрелом организме отношение объемов внутриклеточной воды и внеклеточной составляет 2:1. Внутриклеточная вода составляет 45% от массы тела. Внеклеточная вода, входящая в состав плазмы крови, лимфы, жидкости – тканевой, спинномозговой и серозных полостей, составляет около 20% (в т.ч. вода плазмы крови и лимфы – 4%) от массы тела. Вода, содержащаяся в крови, служит источником, из которого организм черпает воду, необходимую для построения клеток.

Содержание воды в тканях тесно связано с активностью обмена веществ в ней. Так, например, серое вещество мозга содержит 86%, почки – 80, печень – 70, костная ткань – 20% воды.

Вот почему в организме животных с мощным отложением жировой ткани содержание воды обычно на 10-20% ниже по сравнению с истощенными животными. Часть воды связана абсорбционно с молекулами белка, 1 г которого связывает 0,5 г воды, что при содержании 18% белка в мышечной ткани дает 9% связанной воды. Поэтому у ожиревшего организма животного уменьшение массы тела более опасно для здоровья, т.к. потеря 1/5 части внутриклеточной воды отмечается при снижении массы тела на 1/10 у животного, содержащего 5% жира, и только на 1/15 животного, организм которого содержит 35% жира.

Вода в организм животных поступает при их поении, в составе кормов и отчасти за счет внутриклеточного распада органических веществ. Больше всего воды задерживается в коже (до 10% от всего количества воды в теле), соединительной ткани и мышцах: они являются как бы депо воды. Кожу в данном случае следует рассматривать как орган, играющий особую роль в водном обмене благодаря своей водонепроницаемости, а также защищающий живую материю от внезапных изменений температуры благодаря высокой теплоемкости и высоким значениям теплоты парообразования. Однако кожа способна выделять воду из организма пу-

тем диффузии через эпидермис и потение, что позволяет организму уменьшить мочеотделение.

Кожа защищает организм от опасного обезвоживания и потери большого количества соли. Установлено, что кожа удерживает около 10% общего количества воды в организме млекопитающих благодаря содержанию в ней хлористого натрия ($1/3$ от общего количества его в организме). Хлористый натрий накапливается в основном в эпидермисе. При нарушении выделения хлористого натрия (почечная недостаточность) соль накапливается в коже, что ведет к появлению отеков. Минеральный обмен в организме невозможен без участия воды.

Недостаток воды животное ощущает чрезвычайно остро. Так, потеря организмом воды в количестве 10% сопровождается ослаблением сердечной деятельности, повышением температуры тела, снижением аппетита и секреции желудочного сока, возбуждением нервной системы, мышечной дрожью, сухостью и желтушностью слизистых оболочек.

При потере воды организмом в количестве 20% и более наступает смерть. Следует указать, что жажда во много раз мучительнее голода и обуславливает быструю гибель животных. Установлено, что при общем голодании, но при даче воды животное в состоянии прожить 30-40 суток, хотя при этом теряет 50% жиров, углеводов, белков. Без воды животные погибают через 4-8 суток.

При дефиците воды в теле животного наступает расстройство многих физиологических функций организма: нарушается обмен веществ и нарастает количество молочной кислоты, снижаются окислительные процессы, увеличивается вязкость крови, повышается температура тела, учащается дыхание, нарушается секреция пищеварительных желез, исчезает аппетит и резко падает продуктивность. Водное голодание приводит к интоксикации организма, так как происходят существенные изменения в печени, почках, составе крови (увеличение ее плотности); регистрируется усиленный расход белков.

Избыток воды в жидкостях организма вызывает значительное разбавление электролитов. Это приводит к повреждению клеток и вследствие этого к так называемому водному отравлению. Вода, потребленная в чрезмерном количестве,

проникает в кровяные и другие клетки организма, вызывая их набухание. Кровяное давление повышается. Пища, чрезмерно разбавленная водой в кишечнике, плохо усваивается организмом. У взрослых животных при избытке воды не только не увеличиваются, но даже значительно снижаются удои. Принято считать, что для производства 1 кг молока расходуется 4-5 л воды (вместе с водой, содержащейся в корме).

Вода является прекрасным растворителем, а все процессы в организме (ассимиляция, диссимиляция, резорбция, диффузия, осмос и др.) протекают в водных растворах органических и неорганических веществ. Вода не только инертная среда, она может также вступать в соединения с другими компонентами живой материи. Только в жидкой водной среде совершаются процессы пищеварения и усвоения пищи в желудочно-кишечном тракте и синтез живого вещества в клетках организма. Вода является непосредственным участником процессов окисления, гидролиза и других реакций межклеточного обмена.

Вода необходима также для выведения различных вредных веществ из организма, образующихся в результате обмена. Питательная вода попадает в организм через пищеварительный канал, откуда кровью и лимфой разносится в межтканевые пространства и ткани. Одновременно в стенках пищеварительного канала, главным образом тонкой и отчасти толстой кишок, происходит обратное всасывание воды с пищеварительными соками. Таким образом, движение воды происходит в двух направлениях. Почти вся вода всасывается при нормальном функционировании органов пищеварения. Лишь небольшое количество воды выделяется наружу с калом. При заболевании желудочно-кишечного тракта (например, во время диареи) потери воды значительно возрастают.

Вода всасывается через кишечные ворсинки, представляющие собой выпячивание слизистой оболочки кишки. Интенсивность всасывания воды отдельными отрезками пищеварительного канала у плотоядных и травоядных различна. Так, например, из 160 л воды (в том числе 70 л составляет вода кишечных соков), проходящей в течение суток через пищеварительный канал крупного травоядного, около 145 л всасывается в тонкой и толстой кишках и лишь около 15 л выделяется

с калом. У лошади с калом выделяется только 4-5 л воды в сутки.

Из пищеварительного канала вода с кровью воротной вены попадает в печень. Вода проникает в кровь благодаря более высокому осмотическому давлению последней.

Обезвоживание организма – это такое состояние, когда выведение воды из организма значительно превышает поступление. Этим термином обозначается болезненное состояние, при котором объем жидкостей тела, в особенности внеклеточной воды, сильно уменьшается по сравнению с содержанием электролитов. Обезвоживание встречается при различных расстройствах, чаще всего как следствие длительных поносов, непроходимости кишечника, затруднениях при глотании, потере солей, рвоте и др. Клинически обезвоживание проявляется в жажде, сухости языка и слизистых оболочек, снижении напряжения (тонуса) кожи и **внутриглазного** давления, сильном сгущении мочи (олигурия), вздутии живота, нарушениях кровообращения и общей слабости.

При расстройствах желудочно-кишечного тракта, сопровождающихся нарушениями поступления необходимых количеств жидкости и солей и приводящих к большим потерям натрия, возникает необходимость введения жидкости внекишечным (парентеральным) способом.

1.2 Водные объекты РФ и их классификация

Согласно Водному кодексу РФ, принятому 3 июня 2006 г., регулирование водных отношений осуществляется исходя из представления о водном объекте как о важнейшей составной части окружающей среды, среде обитания объектов животного и растительного мира, в том числе водных биологических ресурсов, как о природном ресурсе, используемом человеком для личных и бытовых нужд, осуществления хозяйственной и иной деятельности, и одновременно как об объекте права собственности и иных прав.

Под водным фондом понимается вся совокупность водных объектов в пределах территории РФ.

Статья 5. Водного кодекса РФ устанавливает, что водные объекты в зависи-

мости от особенностей их режима, физико-географических, морфометрических и других особенностей подразделяются на: поверхностные и подземные водные объекты.

К поверхностным водным объектам относятся:

- 1) моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и другие);
- 2) водотоки (реки, ручьи, каналы);
- 3) водоемы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища);
- 4) болота (низинные, переходные, верховые); (в ред. ФЗ от 11.06.2021 № 207-ФЗ) (см. текст в предыдущей редакции)
- 5) природные выходы подземных вод (родники, гейзеры);
- 6) ледники, снежники.

Поверхностные водные объекты состоят из поверхностных вод и покрытых ими земель в пределах береговой линии.

Береговая линия (граница водного объекта) определяется, для:

- 1) моря – по постоянному уровню воды, а в случае периодического изменения уровня воды – по линии максимального отлива;
- 2) реки, ручья, канала, озера, обводненного карьера – по среднегодовому уровню вод в период, когда они не покрыты льдом;
- 3) пруда, водохранилища – по нормальному подпорному уровню воды;
- 4) болота – по границе залежи торфа на нулевой глубине.

К подземным водным объектам относятся:

- 1) бассейны подземных вод;
- 2) водоносные горизонты.

Рекой считается водный поток, который течет по естественному руслу, расширенному за счет действия поверхностных и грунтовых вод. Реки подразделяются на горные, которые текут очень быстро в ущельях; равнинные, текущие медленно по широким долинам с малым перепадом высот. Важно отметить, что водный режим зависит, прежде всего, от особенностей питания рек и климатических условий их местонахождения.

В Тихий океан впадает **Амур**. Одна из крупнейших сибирских рек – **Лена**. Длина реки 4400 км, а площадь бассейна около 2490 тыс. км². Река берет свое начало с Байкальского хребта, впадает в море Лаптевых, имеет обширную (около 30 тыс. км²) дельту.

Самая многоводная река в Сибири – **Енисей**. Образуется слиянием Большого и Малого Енисея. Длина реки 4 092 км. Площадь бассейна около 2 580 тыс. км². Ширина русла до 15-20 км, глубина до 15 м. Средний расход 17 800 м³/с.

Значительная часть территории РФ не имеет стока в океан. Самая крупная из рек нашей страны – **Волга**. Длина ее равна 3 531 км, а площадь бассейна 1 360 тыс. км² (около 1/3 европейской части РФ). Волга впадает в Каспийское море, образуя обширную дельту (19 тыс. км²). Она принимает около 200 притоков, таких как Ока, Сура, Свияга (справа), Молога, Ветлуга, Кама (слева). Средний расход в районе г. Волгограда равен 8 060 м³/с, в устье – 7 710. Вместе со всеми притоками Волга собирает воду со значительной части Восточно-Европейской равнины. Благодаря водохранилищам река является полноводной и судоходной.

Днепр – третья по величине после Волги и Дуная река в Европейской части РФ. Длина реки равна 2 201 км. Площадь бассейна около 504 тыс. км². Она берет начало на Валдайской возвышенности. Среднегодовой расход реки составляет 1700 м³/с. Вода используется для водоснабжения и орошения.

Обь – самая крупная река в Западной Сибири. Она образуется на Алтае слиянием рек Бия и Катунь. Длина Оби от слияния 3 650 км. На севере она впадает в Карское море, образуя залив (около 800 км длиной), который носит название Обская губа. Площадь бассейна Оби 2 990 тыс. км². По этому показателю река занимает первое место в России. Обь является по водоносности третьей рекой Сибири (после Енисея и Лены). Средний расход воды равен 12 300 м³/с. По характеру речной сети, условиям питания и формирования водного режима Обь делится на 3 участка: верхний (до устья Томи), средний (до устья Иртыша) и нижний (до Обской губы).

В верховье Обь заметно петляет и течет на запад, а потом на север. В Томской области она сливается с Томью, затем с Чулымом, после чего несколько сво-

рачивает на запад и возле города Колпашево сливается с рекой Кеть. В Тюменской области Обь протекает через Нижневартовск, Сургут, Нефтеюганск и некоторые другие города. После Ханты-Мансийска Обь поворачивает на север. С этого участка начинается ее дельта. В Ямало-Ненецком автономном округе Обь протекает через Салехард и Лабытнанги, заметно расширяется и впадает в Обскую губу.

В южной части Оби находятся Новосибирское водохранилище и Новосибирская ГЭС. Основные притоки Оби – Чарыш, Аган, Вах, Алей, Чумыш, Томь, Чулым, Кеть, Иртыш, Большой Юган и др.

Питание реки преимущественно снеговое. За период весенне-летнего половодья река проносит основную часть годового стока. В верхнем течении половодье начинается с начала апреля, в среднем – во второй половины апреля, а в нижнем – в середине-конце мая. Подъем уровней начинается ещё при ледоставе. При вскрытии реки в результате заторов бывают интенсивные кратковременные подъемы уровней. В верхнем течении половодье заканчивается в июле. Летняя межень неустойчива. В сентябре-октябре бывает дождевой паводок. В среднем и нижнем течении спад половодья продолжается до ледостава.

Иртыш – река в Азии, главный приток Оби. Длина 4 248 км. Протекает по территории Китая (525 км), Казахстана (1 835 км) и России (2 010 км). Площадь бассейна 1 643 тыс. км². Истоки Иртыша находятся в горах Китайского Алтая. Из Китая под названием Чёрный Иртыш река попадает в Казахстан, где впадает в озеро Зайсан. В него впадает множество других рек с Рудного Алтая, хребтов Тарбагатай и Саур. Многократно усиленный этими водами, Иртыш вытекает из озера Зайсан на северо-запад через Бухтарминскую и Усть-Каменогорскую ГЭС. Здесь расположен крупный промышленный центр – город Усть-Каменогорск. Ниже по течению находятся Шульбинская ГЭС и город Семипалатинск.

Притоки Иртыша – Кальджир, Курчум, Нарым, Бухтарма, Ульба, Уба, Кызылсу, Чар, Тобол, Омь, Тара, Уй, Шиш, Ишим, Оша, Чаган.

Наряду с крупными реками в РФ имеется большое количество средних и мелких рек, которые имеют важное экологическое и народно-хозяйственное значение. К сожалению, многие из них, в результате различных антропогенных при-

чин, интенсивно загрязняются, мелеют и теряют свое полезное предназначение. К таким рекам в Западной Сибири можно отнести Омь, Карасук, Чулым, Тартас, Тулу и многие другие.

Озером признается естественный резервуар, который заполнен водой в пределах своего бассейна, не связанного с морем. Существуют различные классификации озер. В соответствии с водным режимом они могут подразделяться на озера с внешним стоком (экзорейные) и без внешнего стока (эндорейные). Экзорейные озера – это озера, являющиеся истоками рек. К таким водоемам относится озеро Байкал, являющееся не только уникальной экологической системой, но и природным объектом всемирного наследия.

Байкал – это озеро в южной части Восточной Сибири. Имеет самую большую глубину в мире, является крупнейшим природным резервуаром пресной воды. Прибрежные территории отличаются уникальным разнообразием флоры и фауны. Озеро находится в центре Азиатского континента, на границе Иркутской области и Республики Бурятия. Оно протянулось с юга на север на 636 км в виде гигантского полумесяца. Ширина колеблется от 25 до 80 км. Площадь поверхности 31,5 тыс. км², что примерно равно площади территорий таких стран, как Бельгия, Нидерланды или Дания. По площади водного зеркала Байкал занимает восьмое место среди крупнейших озёр мира. Длина береговой линии 2 100 км. Максимальная глубина 1 637 м. Если учесть, что водная гладь озера находится на высоте 456 м над уровнем моря, то нижняя точка котловины лежит на 1 181 м ниже уровня моря, делая чашу Байкала ещё и самой глубокой материковой впадиной. Объём воды в озере 23 тыс. км³ (около 22% мировых запасов пресной воды). По этому показателю Байкал занимает первое место в мире среди озёр с пресной водой. В Байкале больше воды, чем во всех вместе взятых пяти Великих озёрах Северной Америки (Верхнее, Мичиган, Гудзон, Эри, Онтарио) и в 23 раза больше, чем в Ладожском озере. По мнению ученых, возраст озера 25-30 млн лет. Этот факт также делает Байкал уникальным природным объектом, так как большинство озёр, особенно ледникового происхождения, существуют в среднем 10-15 тыс. лет, а потом заполняются илистыми осадками и заболачиваются.

В Байкал впадает 336 рек и ручьёв. Самые крупные из них – Селенга, Верхняя Ангара, Баргузин, Турка, Снежная, Сарма. Из Байкала вытекает река Ангара.

На Байкале 22 острова (наиболее крупный из них – Ольхон) и полуостров Святой Нос. Температура верхних слоёв воды в Байкале летом 8-9 °С, а в отдельных заливах 15 °С. Температура глубинных слоёв около 4 °С. Вода в озере настолько прозрачная, что отдельные камни и различные предметы бывают видны на глубине 40 м. В это время вода бывает синего цвета. Летом и осенью, когда в прогретой солнцем воде развивается масса растительных и животных организмов, прозрачность её снижается до 8-10 м, и цвет становится сине-зелёным и зелёным. Чистейшая и прозрачнейшая вода Байкала содержит так мало минеральных солей (100 мг/л), что может использоваться вместо дистиллированной воды. К концу зимы толщина льда на Байкале достигает 1 м, а в заливах – 1,5-2 м. При сильном морозе трещины, имеющие местное название становые щели, разрывают лёд на отдельные поля. Длина таких трещин 10-30 км, а ширина 2-3 м. Разрывы происходят ежегодно примерно в одних и тех же районах озера. Они сопровождаются громким треском, напоминающим раскаты грома или выстрелы из пушек. Человеку, стоящему на льду, кажется, что ледяной покров ломается как раз под ногами, и он сейчас провалится в бездну. Благодаря трещинам во льду рыба в озере не гибнет от недостатка кислорода. Байкальский лёд очень прозрачен, и сквозь него проникают солнечные лучи, поэтому в воде бурно развиваются планктонные водоросли, выделяющие кислород. По берегам Байкала можно наблюдать зимой ледяные гроты и набрызги. Озеро находится в своеобразной котловине, со всех сторон окружённой горными хребтами и сопками. При этом западное побережье (со стороны Иркутской области) скалистое и обрывистое. Рельеф восточного побережья (Бурятия) более пологий (местами горы отступают от берега на десятки километров). Район Байкала (так называется Байкальская рифовая зона) относится к территориям с весьма высокой сейсмичностью. Здесь регулярно происходят землетрясения, большая часть которых незаметна. Их сила составляет 1-2 балла по шкале Рихтера. Однако случаются и сильные. Так, в 1862 г. при десятибалльном землетрясении в северной части дельты Селенги ушёл под воду участок суши

площадью 200 км² с 6 населенными пунктами, в которых проживали 1 300 человек, и образовался залив Провал. Водная масса Байкала оказывает влияние на климат прибрежной территории. Зима здесь бывает мягче, лето прохладнее. Наступление весны задерживается на 10-15 дней по сравнению с прилегающими районами, а осень часто бывает довольно продолжительная. Особенности погоды обусловлены байкальскими ветрами.

В 1996 г. Байкал был внесён в список Всемирного наследия ЮНЕСКО и определен комплекс мер по организации охраны этого уникального водоема. Установлены ограничения на определенные виды деятельности на Байкальской природной территории, утверждены мероприятия по оптимизации водного режима озера Байкал, регламентирован порядок организации туризма и отдыха, установлены нормативы предельно допустимых вредных воздействий на эту уникальную экологическую систему.

К экзорейным также можно отнести **Онежское** и **Ладожское** озера. Частным случаем таких озер являются проточные (дренажные) озера. Реки впадают в такие озера, а затем вытекают из них.

Водохранилища – это искусственные водоемы значительной вместимости, которые образуются чаще всего в речных долинах водоподпорными сооружениями. Наиболее крупными водохранилищами в РФ являются Волгоградское, Куйбышевское, Горьковское на Волге, Красноярское на Енисее, Братское на Ангаре, Обское на Оби. Они также есть на Иртыше и других реках России.

В России функционируют 2 290 водохранилищ, в том числе 103 крупнейших объемом свыше 100 млн. м³ каждое. Водохранилища имеют важное экономическое, социальное и рекреационное значение.

Болотами считаются участки земной поверхности, характеризующиеся избыточной влажностью, заросшие гидрофильными растениями. В болотах происходит накопление сложившихся растительных остатков и значительного количества торфа. Наибольшее количество болот в Северном полушарии, где их площадь составляет свыше 350 млн га.

Торфяные болота распространены в тундре, лесостепной и лесной зонах.

Низменные болота образуются по берегам рек, озер и водохранилищ, а также в устьях рек. Болота являются крупными накопителями пресной воды. В них берут свое начало многие крупные, средние и малые реки. В Западной Сибири самые крупные Васюганские болота.

Большой запас воды имеют **ледники**. Ледниками признаются движущиеся природные скопления льда на суше, содержащие воду в твердом состоянии. Ледники располагаются на земной поверхности, где твердое осаждение воды превышает испарение. Принято различать два типа ледников: горные, которые называют стекающими, и покровные, или неподвижные. В горных ледниках лед медленно перемещается по склону под действием силы своей тяжести. Во многих засушливых областях земли горные ледники являются основными источниками воды, используемой для орошения. Покровные ледники обычно полностью покрывают горы куполообразной поверхностью. Передвигаются они очень медленно. Вода при таянии ледников существенно влияет на водный режим многих рек РФ. Ледники делятся на наземные, шельфовые и горные. Общая площадь ледников около 16,3 млн км² (10,9% площади суши). Общий объем льдов около 30 млн м³.

Снежники представляют собой слой снега, образуемый в результате снегопада, находящийся на поверхности суши или льда. Снег отражает солнечные лучи и предохраняет почву от переохлаждения, а озимые сельхозкультуры – от вымерзания. Лед является самым широко распространенным твердым материалом на Земле. Из него формируются ледники, айсберги, зоны вечной мерзлоты.

Важное значение имеют водоносные горизонты, формирующие бассейны **подземных вод**.

Наиболее распространенными являются подземные воды в свободно-гравитационном состоянии, которые заполняют поры, пустоты и трещины в породе. Гравитационные подземные воды пополняются в основном за счет проникновения дождевых осадков, конденсации водяного пара (обычно в горных районах) и речных стоков. Эти подземные воды попадают в реки, протоки, овраги, моря и океаны, а также поглощаются растениями и испаряются с земной поверхности. Водоносным горизонтом признаются воды, которые находятся в трещинах и пу-

стотах горных пород, а также находящиеся в гидравлической связи. Бассейном подземных вод признается совокупность водоносных горизонтов, расположенных в недрах. Месторождением подземных вод принято считать часть водоносного горизонта, в пределах которой имеются благоприятные условия для извлечения подземных вод. Естественным выходом подземных вод считается выход их на суше или под водой.

Совокупность климатических, физико-географических, гидрогеологических факторов позволяет определить условия образования подземных вод, как за счет фильтрации, так и за счет конденсации.

Подземные и поверхностные воды часто тесно взаимодействуют, что характеризуется увеличением площади водных источников и водоемов, возобновлением запасов подземных вод за счет поверхностных.

Общие запасы подземных вод России составляют 317 км^3 . Разведаны месторождения подземных вод с суммарными запасами 29 км^3 в год, а используется 12 км^3 . Защита их от загрязнения является важнейшим условием надежного обеспечения населения питьевой водой.

1.3 Экологическое состояние и загрязнение водных объектов

Наиболее острой экологической проблемой является стремительно нарастающий дефицит биологически полноценной, чистой воды. Загрязнение источников водоснабжения приводит к ухудшению качества питьевой воды и здоровья населения.

Согласно статистическим данным и публикациям международных организаций, ущерб здоровью населения от потребления недоброкачественной питьевой воды соразмерен с потерями от стихийных бедствий, голода и других глобальных факторов.

Существенную роль в ухудшении качества воды сыграла перестройка экономического уклада РФ, сопровождающаяся, с одной стороны, принципиальной перестройкой форм хозяйствования, а с другой – резким ослаблением контроля

над экологическим состоянием среды. В результате повсеместного загрязнения важнейших водоемов России резко ухудшились условия обитания рыб, от чего рыбное хозяйство страны несет большие потери. Ухудшение экологического состояния водных объектов приводит к снижению качества воды, поступающей в системы водоснабжения коммунальных и промышленных объектов.

На многих водоемах страны сложилась кризисная, предкатастрофическая или катастрофическая обстановка. При непринятии эффективных мер может произойти общенациональная экологическая катастрофа. Экологический кризис водных объектов является проявлением общего экологического кризиса в стране, ослаблением, а в отдельных случаях потерей способности экосистем к самоочищению. В результате все возрастающих антропогенных нагрузок в определенной степени разбалансированы экосистемы таких крупных рек, как Волга, Дон, Кубань, Енисей, Амур и др., Азовское и Балтийское моря, многие средние и малые озера.

Современные технологии, обуславливающие глобальность масштабов загрязнения и деградацию водных экосистем, дают достаточное основание для отнесения водных ресурсов при существующих технологиях и экономическом росте к разряду невозполнимых природных ресурсов.

Качество воды, к сожалению, во многих регионах РФ не улучшается, а ухудшается. Многие водные объекты утратили способность к самоочищению и восстановлению природных качеств, фактически превратились в «накопители» загрязняющих веществ. Это относится, в первую очередь, ко множеству малых рек, протекающих вблизи крупных городов. На территории России практически все водоемы подвержены антропогенному влиянию. Качество воды в большинстве из них не отвечает нормативным требованиям. Многолетние наблюдения за динамикой качества поверхностных вод выявили тенденцию к росту их загрязненности. Ежегодно увеличивается число створов с высоким уровнем загрязнения воды (более 10 ПДК) и количество случаев экстремально высокого загрязнения водных объектов (свыше 100 ПДК).

Все водные объекты являются очень важным элементом окружающей среды.

Их экологическое состояние неразрывно связано как с глобальной экологической ситуацией в биосфере, так и с экологическим состоянием отдельных ее подсистем.

Все загрязняющие вещества, в том числе антропогенного, техногенного происхождения, поступающие в природные воды, вызывают в них различные качественные изменения:

- изменение физических свойств воды (нарушение первоначальной прозрачности и окраски, появление неприятных запахов и привкусов и т.п.;
- изменение химического состава воды, в частности появление в ней вредных веществ;
- плавающие на поверхности воды вещества и отложения на дне;
- сокращение в воде количества растворенного кислорода вследствие расхода его на окисление поступающих в водоем органических загрязняющих веществ;
- появление новых бактерий и других микроорганизмов, в том числе и болезнетворных.

Загрязнение природных вод приводит к тому, что они оказываются непригодными для питья, купания, водного спорта, а иногда и для технических нужд. Особенно пагубно оно влияет на рыб, водоплавающих птиц, животных и другие организмы, которые заболевают и гибнут в значительных количествах.

Наиболее вредное воздействие на поверхностные и подземные воды оказывают нефть и ее производные. Они не только образуют на поверхности воды пленку, но и отложения на дне. Даже незначительное содержание нефти (0,2-0,4 мг/л) сопровождается появлением специфического запаха, который не исчезает после хлорирования и фильтрования воды. Присутствие нефтепродуктов особенно негативно влияет на рыб, вызывая массовое заболевание и гибель. Содержание нефти в воде выше 0,1 мг/л придает мясу рыб неустранимый ни при каких технологических обработках привкус и специфический запах.

Большую опасность представляют фенольные соединения, содержащиеся в сточных водах различных предприятий. Обладая сильными антисептическими свойствами, фенольные воды нарушают биологические процессы в воде, придавая

ей резкий, неприятный запах и ухудшая условия воспроизводства рыбы.

В последние годы отмечается загрязнение воды синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ), которые содержатся в сточных водах некоторых производств. Влияние СПАВ проявляется в увеличении в воде привкусов и запахов, образовании стойких скоплений пены и ухудшении биохимической способности воды. Уже при небольших концентрациях СПАВ в воде прекращается рост водорослей и другой растительности.

Выпуск теплых вод от различных энергетических установок вызывает интенсификацию испарений и сопровождается увеличением минерализации. Одновременно происходит накопление органического вещества с последующим его разложением. Следствием этих процессов является уменьшение растворенного кислорода в воде, что отрицательно сказывается на растительных и живых организмах.

Значительный ущерб водотокам причиняет молевой сплав леса и древесные отходы в виде опилок, коры. Помимо непосредственного повреждения рыб и нерестилищ бревнами, сучьями и ветками происходит выделение смолы и других вредных веществ. Эти продукты медленно разлагаются в воде, поглощая кислород и вызывая гибель рыб и их икринок.

Наибольшую опасность для природных вод, здоровья людей, животных и рыб представляют различные радиоактивные отходы. В организмах рыб, животных и растений происходят процессы биологической концентрации радиоактивных веществ. Мелкие организмы, содержащие эти вещества в небольших дозах, поглощаются более крупными, в которых возникают уже опасные концентрации. Именно поэтому отдельные пресноводные рыбы в несколько тысяч раз радиоактивнее водной среды, в которой они обитают.

Большую опасность представляет загрязненность воды ртутью. Из 9 000 т ртути, ежегодно производимой в мире, 5 000 т впоследствии оказывается в океане.

Очень велико загрязнение воды и другими веществами. Проблема чистой воды для современной цивилизации стала проблемой выживания.

1.4 Самоочищение воды

Открытые водоемы почти непрерывно подвергаются разнообразным загрязнениям. Однако в крупных водоемах (реки, озера и др.) резкого ухудшения качества воды не наблюдается. Это объясняется тем, что вода в них под влиянием различных физико-химических и биологических процессов обладает способностью самоочищаться от взвешенных частиц, органических веществ, микроорганизмов и других загрязнений.

Процесс самоочищения водоемов протекает под влиянием разнообразных факторов, которые действуют одновременно в различных сочетаниях.

К числу таких факторов следует отнести:

- гидрологические – разбавление и смешивание попавших загрязнений с основной массой воды;
- механические – осаждение взвешенных частиц;
- физические – влияние солнечной радиации и температуры;
- биологические – сложные процессы взаимодействия водных растительных организмов с составными частями поступающих стоков;
- химические – превращение органических веществ в минеральные (минерализация).

При поступлении сточных вод в водоем происходит смешивание стоков с водой водоема, и концентрация загрязнений снижается. Кроме того, взвешенные минеральные и органические частицы, яйца гельминтов и микроорганизмы частично осаждаются, вода осветляется и становится прозрачной.

В процессе самоочищения происходит отмирание сапрофитов и патогенных микроорганизмов. Они погибают в результате обеднения воды питательными веществами, бактерицидного действия ультрафиолетовых лучей солнца, которые проникают в толщу воды более чем на 1 м, влияния бактериофагов и антибиотических веществ, выделяемых сапрофитами, неблагоприятных температурных условий, антагонистического воздействия водных организмов и других факторов. Процессы самоочищения воды протекают более интенсивно в теплое время года, а также в проточных водоемах – реках. Существенное значение в процессах само-

очищения воды имеют так называемая сапрофитная микрофлора и водные организмы. Некоторые представители микрофлоры водоемов обладают антагонистическими свойствами к патогенным микроорганизмам, что приводит к гибели этих микробов.

Простейшие водные организмы, а также зоопланктон (рачки, коловратки и др.), пропуская воду через свой кишечник, уничтожают огромное количество бактерий. Бактериофаги, попавшие в водоем, также оказывают воздействие на болезнетворные организмы.

Одним из важных процессов самоочищения воды является минерализация органических веществ, т.е. образование минеральных веществ из органических под воздействием биологических, химических и других факторов. При минерализации наблюдается в целом обеднение воды органическими веществами, наряду с этим и органическое вещество также может окисляться – часть бактерий гибнет; кроме того, минеральные вещества могут выпадать в осадок или находиться в истинных растворах, а органические вещества в воде растворены в коллоидном состоянии и придают воде мутность.

Процесс минерализации (разложения, окисления) органических веществ в воде можно представить следующим образом: белковые вещества расщепляются на более простые азотсодержащие вещества (альбумозы, пептоны и др.), а они еще на более простые (аминокислоты и др.) и остаются в виде различных остатков органических кислот и аммонийных соединений. Первым минеральным продуктом окисления азотсодержащих органических веществ является аммонийный ион или аммиак. Наличие последних в высоких концентрациях, при отсутствии нитритов и нитратов, указывает на свежесть загрязнения. Аммиак (азот аммония) как правило, при наличии окислителей переходит в нитриты, но эти соединения очень нестойки и при наличии кислорода окисляются до нитратов. Нитраты являются как бы конечным веществом при минерализации органических азотсодержащих продуктов.

Окисление жиров, клетчатки, углеводов в основном идет в воде с интенсивным образованием двуокиси углерода и воды.

Доказательством того, что азотсодержащие минеральные вещества являются веществами органического происхождения, служит высокая «окисляемость» воды, почти отсутствие растворенного кислорода, наличие хлоридов, сульфатов, фосфатов и др.

Хорошая аэрация воды (обогащение воды кислородом) обеспечивает активизацию окислительных, биологических и других процессов, способствует очищению воды.

Скорость самоочищения воды зависит от многих условий: количества загрязнений, поступивших в водоем; его глубины и скорости течения воды; температуры воды; наличия растворенного кислорода в воде; состава микрофауны, флоры и др. Однако следует помнить, что способность водоемов к самоочищению от загрязнений не безгранична, наоборот, она очень ограничена.

Соединения свинца, меди, цинка, ртути, которые могут попасть в водоемы со стоками, оказывают токсическое воздействие на организм животных, а также способствуют замедлению процессов самоочищения воды и ухудшают ее органолептические свойства.

В небольших водоемах при незначительном количестве загрязнителей белкового характера в воде могут накапливаться промежуточные вещества из распада (в частности, сероводород, нитриты, диамины и др.), обладающие высокой токсичностью.

Самоочищение подземных вод происходит благодаря фильтрации через почву и за счет процесса минерализации, в результате вода полностью освобождается от органических загрязнений и микроорганизмов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое обезвоживание организма?
2. Перечислите основные водные объекты РФ.
3. По каким признакам классифицируют водные объекты?
4. Назовите основные источники загрязнения водных объектов.
5. В чем заключается процесс самоочищения воды?

2. ГИГИЕНА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ПОЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

2.1 Физические свойства воды

К физическим свойствам воды относят температуру, прозрачность, цвет и цветность, запах и вкус.

Температура воды влияет на состояние организма. Поение животных холодной водой предрасполагает их к охлаждению, расстройству пищеварения, развитию ревматизма, служит частой причиной аборт, особенно у лошадей. Чем ниже температура воды, тем меньше потребляет ее животное, а это ведет к снижению удоя и прироста живой массы. Теплая вода не утоляет жажду. Поэтому рекомендуется следующая оптимальная температура воды для поения животных: телят – 14-16 °С, остального поголовья крупного рогатого скота – 8-12, поросят-сосунов и отъемышей – 16-20, взрослых свиней – 10-16, овец, лошадей – 10 °С.

Прозрачность воды зависит от наличия в ней взвешенных минеральных или органических веществ, а также от количества растворимых двууглекислых солей, выпадающих при стоянии воды в осадок в виде карбонатов, гидратов.

Цвет обуславливается присутствием в воде окиси железа, частиц глины, гуминовых веществ (продуктов растительного перегноя), водорослей, а также различными стоками. Количественное выражение интенсивности цвета (в градусах) называется **цветностью**.

Вода не должна иметь **запах**. Необычный запах свидетельствует о присутствии посторонних веществ. Например, в результате гниения органических веществ или при загрязнении источника сточными водами, навозной жижей и мочой отмечают запах сероводорода и аммиака. Вода приобретает специфический запах также при попадании в нее нефти, бензина, фенола.

Вкус воды зависит от растворенных в ней солей. Хлориды, как правило, придают ей солоноватый, сульфаты – горьковатый, закись железа, сернокислая медь, соли марганца – вяжущий вкус. Привкус может быть рыбным, затхлым, гнилостным. Хорошая вода имеет приятный освежающий вкус.

2.2 Химические показатели природных вод

К химическим показателям природных вод относят сухой остаток, хлориды, сульфаты, соединения железа, марганца, меди и др. Согласно нормативам, сухой остаток допускается в пределах, не превышающих 1 000 мг/л воды; допустимая концентрация хлоридов – не более 350, сульфатов – 500, соединений железа – 0,3 мг/л.

Жесткость воды определяется главным образом содержанием в ней углекислых и сернокислых солей кальция и магния. Различают жесткость общую, устранимую (карбонатную) и постоянную (сульфатную).

Общая жесткость – это суммарное количество солей кальция и магния в воде.

Устранимая жесткость – это количество солей кальция и магния, которые выпадают в виде рыхлого осадка при кипячении воды в течение 1 ч.

Постоянную жесткость образуют все соли кальция и магния, остающиеся растворенными в воде после ее кипячения.

Жесткость воды измеряют в миллиграмм-эквивалентах на 1 л воды. 1 мг-экв/л соответствует содержанию 28 мг/л оксида кальция (CaO) или 20,16 мг/л оксида магния (MgO). Жесткость воды можно также выражать в градусах. Один градус жесткости соответствует содержанию 10 мг CaO в 1 л воды. Следовательно, 1 мг-экв/л жесткости равен 2,8°. Вода с жесткостью до 10° (3,5 мг-экв/л) считается мягкой, от 10 до 20° (3,5-7 мг-экв/л) – средней жесткости и 20-30° (7-10,5 мг-экв/л) – жесткой. Жесткость питьевой воды не должна превышать, как правило, 7 мг-экв/л. Вода с повышенной жесткостью нарушает деятельность желудочно-кишечного тракта (особенно при резком переходе на ее использование), при длительном употреблении вызывает развитие мочекаменной болезни.

Реакция воды (концентрация водородных ионов, pH) хорошего качества – нейтральная или слабощелочная. Допустимые пределы pH – 6,0-9,0.

В зоогигиеническом отношении важным показателем служит **наличие в воде азотистых соединений** – аммиака, солей азотистой (нитритов) и азотной (нитратов) кислот. Аммиак, нитриты и нитраты образуются в воде в результате

разложения органических веществ под влиянием аммонифицирующих и нитрифицирующих микроорганизмов. Аммиак как начальный продукт разложения указывает на свежее загрязнение воды. Обнаружение нитритов свидетельствует о том, что процесс разложения продолжается. Вода и корма, приготовленные на такой воде, могут стать причиной отравления животных. Содержание аммиачного азота допускается лишь в виде следов, нитритного азота – до 1 мг/л. Если же в воде имеются только нитраты (без аммиака и нитритов), значит процесс минерализации завершен, и вода пригодна для поения животных. Однако допустимое содержание нитратов – до 45 мг/л (так как не исключена возможность денитрификации).

2.3 Биологические и микробиологические факторы воды

Вода представляет собой благоприятную среду для существования и размножения микроорганизмов. Содержание микроорганизмов и разнообразие их видов зависит от количества в воде доступных для питания микроорганизмов органических и минеральных веществ, а также от процентного содержания в воде кислорода, попадающего в воду солнечного света, от температуры воды и других факторов. В связи с этим в воде могут находиться самые разные по типу питания и получения энергии микроорганизмы – как сапрофитные, так и патогенные.

При оценке качества воды для использования ее в дальнейшем в качестве питьевой учитываются такие биологические показатели, как наличие донных отложений (наносы и твердые частицы, осевшие на дно водного объекта), фитопланктона, зоопланктона, макрофитов, водорослей. Вода исследуется также на наличие водных сапрофитных микроорганизмов (гетеротрофные микроорганизмы, использующие для питания органические вещества, в том числе продукты жизнедеятельности и останки организмов).

Содержание микроорганизмов в воде будет различным, если взять пробы на глубине и с поверхности, рядом с берегом или вдали от него. Содержание микроорганизмов связано и с тем, насколько быстро течет вода, или водоем содержит

стоячую воду. На присутствие микроорганизмов в воде влияют близость населенных пунктов, промышленных и животноводческих предприятий, степень загрязненности различными отходами, время года и многие другие факторы.

Микроорганизмы содержатся в водах озер, рек, морей и океанов, а также болот, искусственных водоемов и даже в больших лужах, длительно остающихся после дождя. В зависимости от того, каким является микробиоценоз воды, его делят на постоянный, свойственный конкретному водоему, и временный, или случайный, возникший под влиянием изменившихся условий, в основном из-за поступления из внешней среды. В первом случае микроорганизмы относят к аутохтонной микробиоте (микрофлоре) воды, во втором – к аллохтонной. В воде находятся не только микроорганизмы, но и многочисленные простейшие, водоросли, рачки и др. Гидросфера водоемов представляет собой сложные взаимоотношения биоценозов: на поверхности воды развивается *нейстона*, в толще воды – *планктон*, а на дне – *бентос*.

Степень обсемененности воды микроорганизмами выражается понятием **сапробность**. По содержанию в воде микробиоценозов ее делят на три зоны:

1. Сильнозагрязненная зона воды, содержащая большое количество микроорганизмов (в 1 мл воды оно может достигать нескольких миллионов). Такое развитие микроорганизмов связано с наличием в воде легкоразлагающихся и легкоусвояемых микроорганизмами веществ. Здесь почти отсутствует кислород, т.к. он быстро используется аэробными микроорганизмами, и дальнейшее разложение органических веществ происходит в анаэробных условиях. При этом образуются метан, сероводород, меркаптаны, а от воды исходит неприятный запах. Зона носит название полисапробная.

2. Зона со средней степенью загрязненности, с меньшим содержанием органического вещества, в которой интенсивнее происходят минерализация, а также процессы окисления и нитрификации. Количество микроорганизмов в 1 мл такой воды не превышает 100 тыс. Зона носит название мезосапробная.

3. Зона с немногочисленным количеством микроорганизмов (в 1 мл воды содержатся десятки или сотни микробных клеток) свидетельствует о том, что ее

органические вещества минерализованы. Такая зона носит название олигосапробная.

В естественных условиях происходят в той или иной степени процессы самоочищения воды. Тем не менее, в воде могут оставаться и длительно сохраняться не только сапрофитные, но и патогенные микроорганизмы. Особую опасность представляют собой случаи, когда вода размывает находящиеся недалеко захоронения животных, погибших от инфекционных заболеваний, возбудители которых попадают затем в водоем. В воду вместе со стоками от населенных пунктов, больниц, животноводческих ферм могут попасть патогенные микроорганизмы, представляющие собой опасность для здоровья. При этом источником патогенных микроорганизмов могут быть как люди, так и животные.

Поскольку вода используется непосредственно человеком, а также для поения животных, для бытовых и хозяйственных нужд, она должна подвергаться очистке с целью предотвратить возможное распространение возбудителей различных заболеваний, вызванных бактериями, грибами, вирусами, простейшими. Через воду передаются такие заболевания, как холера, брюшной тиф, паратиф В, дизентерия, туляремия, лептоспироз, кампилобактериоз, колиэнтериты – заболевания, вызываемые энтеропатогенными кишечными палочками. Меньшее, но все же определенное значение имеет водный путь передачи для таких заболеваний, как бруцеллез, гепатиты А и Е, полиомиелит. Длительную сохранность в воде имеют споры сибирской язвы (в воде колодцев – до 10 лет). В литературе описаны случаи заражения туберкулезом при пользовании инфицированной водой. Водным путем могут передаваться паразитарные заболевания – амебиаз (амебная дизентерия, вызываемая *Entamoeba histolytica*), лямблиоз, причиной которого служит жгутиконосец *Lambliа intestinalis*, балантидиаз, вызываемый инфузорией *Balantidium coli*, криптоспоридиоз – заболевание позвоночных животных, вызываемое простейшими рода *Cryptosporidium*, а также различные заболевания, вызываемые гельминтами. Экспертами ВОЗ установлено, что 80% всех болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических норм водоснабжения.

Санитарный контроль качества воды – многоуровневый процесс, который начинается с выбора и мониторинга источника водоснабжения, подготовки воды до обеззараживания и отведения использованной воды в приемник сточных вод. Санитарно-микробиологическая оценка качества воды подразумевает определение совокупности санитарных показателей – критериев, отражающих соответствие или несоответствие санитарного состояния исследуемого водного объекта требованиям нормативных документов. В РФ введен ГОСТ Р 31952-2012 Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения. Настоящий стандарт распространяется на устройства для доочистки (дообеззараживания) воды централизованных систем и нецентрализованного питьевого водоснабжения, а также очистки (обеззараживания) воды поверхностных и подземных источников водоснабжения, для которых суточный объем очищаемой воды не выше 5 м³/сут. Настоящий стандарт устанавливает общие требования к эффективности водоочистных устройств и методы ее определения.

Оценка санитарно-гигиенического состояния воды проводится в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Безопасность воды с точки зрения микробиологических и паразитологических показателей определяется по следующим показателям: общее микробное число, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, колифаги, споры сульфитредуцирующих клостридий, цисты лямблий по нормативам, приведенным в таблице 1.

При исследовании микробиологических показателей качества питьевой воды в каждой пробе проводится определение термотолерантных колиформных бактерий, общих колиформных бактерий, общего микробного числа и колифагов. При обнаружении в пробе питьевой воды термотолерантных колиформных бактерий, и (или) общих колиформных бактерий, и (или) колифагов проводится их определение в повторно взятых в экстренном порядке пробах воды. В таких случаях для выявления причин загрязнения одновременно проводится определение хлоридов, азота аммонийного, нитратов и нитритов.

Таблица 1 – Микробиологические и паразитологические показатели питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные 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

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

² Превышение норматива не допускается в 95% проб, отбираемых в точках водоразбора 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 воды в распределительную сеть.

⁴ Определение проводится при оценке эффективности технологии обработки воды.

При обнаружении в повторно взятых пробах воды общих колиформных бактерий в количестве более 2 в 100 мл, и (или) термотолерантных колиформных бактерий, и (или) колифагов проводится исследование проб воды для определения патогенных бактерий кишечной группы и (или) энтеровирусов.

В настоящее время в мире существует несколько стандартов на питьевую воду. Это стандарты США, Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), Европейского союза (ЕС) и российский стандарт, определяемый соответствующими ГОСТами. С 01.01. 2004 г. введен в действие Межгосударственный стандарт. Вода и водоподготовка (ГОСТ 30813-2002), содержащий термины, предусмотренные ГОСТ 30813-2002 Вода и водоподготовка. Термины и определения. Этот стандарт принят республиками Армения, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан и Российской Федерацией. В последующем тексте термины, приводимые согласно этому словарю, даются в кавычках.

Одним из критериев санитарно-гигиенического состояния воды является

общее микробное число (ОМЧ), которое расценивается как показатель интенсивности загрязнения воды органическими веществами. ОМЧ – «Общее число мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, способных образовывать колонии на питательном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч, видимые с увеличением в два раза. Наряду с инкубацией при температуре 37 °С используют инкубацию посевов при температуре 20-22 °С в течение 72 ч для учета сапрофитных водных организмов». Общее количество бактерий определяют в пересчете на число колоний, выросших при посеве 1 мл воды. В настоящее время ОМЧ, выраженное в количестве КОЕ (колонии образующих единиц), или CFU по-английски, согласно рекомендации ВОЗ, должно быть равно нулю; по американским стандартам (USEPA) ОМЧ может равняться 500; по европейским стандартам (ЕС) ОМЧ может быть 10 (при 22 °С) и 100 (37 °С). СанПиН допускает ОМЧ на уровне 50.

Так как разнообразие бактерий, вирусов и простейших, которые могут быть обнаружены в воде, очень велико, то специфические тесты на отдельные патогенные организмы для анализа микробиологического качества воды не применяются. С практической точки зрения гораздо важнее часто и быстро производить один общий тест, чем редко, но целую серию специфических тестов по отдельным патогенным организмам. Такой принцип предполагает поиск индикаторных организмов, наблюдение за которыми позволяет контролировать микробиологическое загрязнение воды.

Индикаторные микроорганизмы. «Условные группы микроорганизмов, присутствие которых свидетельствует о наличии антропогенного загрязнения и (или) недостаточной очистке воды». Микроорганизмы-индикаторы делятся на три группы. Первая группа: индикаторы фекального загрязнения, являющиеся обитателями кишечника животных и человека – *E. coli* и родственные ей бактерии группы кишечной палочки, энтерококки, протей, сальмонеллы, термофилы, *Clostridium perfringens*, бактериофаги, дрожжи рода *Candida*. Вторая группа: индикаторы орального загрязнения, являющиеся обитателями верхних дыхательных путей и носоглотки – гемолитические стрептококки (*Streptococcus pyogenes*) и зо-

лотистые стафилококки (*Staphylococcus aureus*). Третья группа: индикаторы процесса самоочищения – обитатели природных сред – аммонифицирующие и нитрифицирующие микроорганизмы, грибы, актиномицеты, синезеленые водоросли. Когда исследуется вода, то речь идет о первой и третьей группах индикаторных организмов.

Санитарно-показательные микроорганизмы (СПМ) – главные «индикаторные микроорганизмы, свидетельствующие о возможном фекальном загрязнении и потенциальной опасности присутствия в воде возбудителей инфекционных заболеваний».

Так как микробиологическое загрязнение воды происходит в большинстве случаев за счет фекальных сточных вод, то в качестве индикаторных организмов используют микроорганизмы, содержащиеся в фекальных выделениях человека и животных. К числу этих микроорганизмов относят фекальные стрептококки, колиформные бактерии и сульфитредуцирующие клостридии. Все эти микроорганизмы относительно легко выделяются и идентифицируются, поэтому могут служить надежным индикатором фекального загрязнения воды.

Эти три группы бактерий способны выживать в воде на протяжении разных периодов времени. Фекальные стрептококки способны выживать в воде непродолжительное время, поэтому их присутствие свидетельствует о недавнем загрязнении. Колиформные бактерии способны выживать в воде в течение нескольких недель и их наиболее легко идентифицировать, что обусловило их повсеместное применение в качестве основного индикаторного организма.

Однако существует целый ряд микроорганизмов, более устойчивых к дезинфекции (хлорированию, облучению ультрафиолетовым светом и т.п.). При обоснованном подозрении на их наличии в воде отсутствие фекальных стрептококков и колиформных бактерий не является гарантией бактериологической безопасности воды. В этом случае применяют такие индикаторные организмы, как сульфитредуцирующие клостридии, которые могут существовать в воде неограниченное время. С одной стороны, их наличие в воде (при отсутствии фекальных стрептококков или колиформных бактерий) свидетельствует о достаточно давнем

загрязнении. Поэтому тест на клостридии особенно полезен при проверке воды из открытых водоемов или резервуаров. С другой стороны, наличие в воде сульфитредуцирующих клостридий позволяет судить о вероятности нахождения в воде организмов, устойчивых к обеззараживанию (некоторые простейшие, например, *Giardia* и *Cryptosporidium*). Особенно устойчивы к внешним факторам споры сульфитредуцирующих клостридий, что и позволяет использовать их в качестве индикаторного организма. Для более точной индикации наличия в воде простейших в России применяют также тест на цисты лямблий. В качестве индикаторного организма для энтеровирусов (кишечных вирусов человека) используются колифаги. Наличие колифагов (т.е. вирусов кишечной палочки), с большой вероятностью указывает на возможную сохранность в воде и других вирусов, в частности, энтеровирусов.

Первым микроорганизмом, который был предложен в 1888 г. для определения санитарного благополучия воды, явилась *Escherichia coli*; затем, по мере развития методов исследования, добавились другие, близкие к ней колиформные бактерии. ГОСТ 31955.1-2013 (ISO 9308-1:2000) Вода питьевая. Обнаружение и количественный учет *Escherichia coli* и колиформных бактерий. Часть 1. Метод мембранной фильтрации определяет метод контроля и учета конкретных микроорганизмов в воде, предназначенной для питья.

***Escherichia coli*.** Индикаторная группа бактерий, включающая в себя преимущественно *E.coli* и указывающая на фекальное загрязнение воды. *E.coli* – аэробные и факультативно-анаэробные термоустойчивые колиформные бактерии, которые ферментируют лактозу или маннитол при температуре 44 °С в течение 24 ч с образованием кислоты и газа, а также производят индол из триптофана. Дополнительная характеристика: *E.coli* обладают свойством давать положительную реакцию в тесте с метиловым красным и могут декарбоксилировать L-глутаминовую кислоту, но не обладают свойством образовывать ацетилметилкарбинол, использовать цитрат в качестве единственного источника углерода или расти в бульоне с цианидом калия. *E.coli* также имеет фермент β-глюкуронидазу.

Общие колиформные бактерии. Индикаторная группа бактерий, указыва-

ющая на возможное фекальное загрязнение воды. Грамотрицательные, оксидазоотрицательные, не образующие спор палочки, способные расти на дифференциальных лактозных средах, ферментирующие лактозу до кислоты, альдегида и газа при температуре 37 °С в течение 24-48 ч. Дополнительная характеристика: колиформные бактерии способны расти в аэробных и факультативно-анаэробных условиях в присутствии солей желчи (или других поверхностно-активных веществ со сходными ростингибирующими свойствами).

Термотолерантные колиформные бактерии. Индикаторная группа бактерий, указывающая на фекальное загрязнение воды. Термотолерантные колиформы обладают признаками общих колиформных бактерий, а также способны ферментировать лактозу до кислоты, альдегида и газа при температуре 44 °С в течение 24 ч.

Фекальные стрептококки. Индикаторная группа фекальных стрептококков включает в себя виды энтерококков, имеющих антиген группы Д. Обнаружение фекальных стрептококков в воде, даже в отсутствие *E. coli*, указывает на фекальное загрязнение воды. Грамположительные, каталазоотрицательные полиморфные кокки, располагающиеся попарно или в цепочках, способные расти на питательных средах с азидом натрия.

Сульфитредуцирующие клостридии. Широко распространены в почве, поверхностных и сточных водах, часто встречаются в фекалиях. Спорообразующие анаэробные палочковидные бактерии, редуцирующие сульфиты до сульфатов. Споры сульфитредуцирующих клостридий, являясь более устойчивыми по сравнению с вегетативными формами бактерий к воздействию неблагоприятных физических и химических факторов, используются как индикатор качества обработки при водоподготовке питьевой воды.

Колифаги. Бактериальные вирусы, способные лизировать *E. coli* и формировать при температуре 37 °С через 18-24 ч зоны лизиса на питательном агаре. Благодаря сходству с кишечными вирусами и большой устойчивости по сравнению с индикаторными группами бактерий их рассматривают как показатели возможного вирусного загрязнения воды.

Цисты лямблий. Временная форма существования, обеспечивающая их выживание во внешней среде, переход от одного организма-хозяина к другому.

Исследования питьевой воды на наличие патогенных бактерий кишечной группы и энтеровирусов проводятся также по эпидемиологическим показаниям по решению центра госсанэпиднадзора.

Исследования воды на наличие патогенных микроорганизмов могут проводиться только в лабораториях, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии условий выполнения работ санитарным правилам и лицензию на деятельность, связанную с использованием возбудителей инфекционных заболеваний.

2.4 Системы водоснабжения

Централизованное водоснабжение позволяет механизировать поение животных, полностью удовлетворить хозяйственные и производственные потребности животноводства в воде. Децентрализованным водоснабжением (из колодцев, прудов, озер, рек) пользуются на естественных выпасах, а также в степных, полупустынных и пустынных районах, особенно для овцеферм.

Водозаборы – места, где забирают воду в водопроводную систему, – постоянно находятся под санитарным надзором. Территорию водоисточника разделяют на три зоны: **зону строгого режима** (участок забора воды, насосные сооружения с окружающей территорией), в которой запрещено находиться посторонним лицам; **зону ограничений** (непосредственно окружающую источники водоснабжения), которую запрещено использовать; **зону наблюдений**, смежную с зоной ограничений, где также проводят постоянный контроль за санитарным состоянием местности.

Место водозабора из рек должно быть расположено по течению **выше** населенных пунктов, животноводческих ферм, промышленных предприятий. **Водоприемники** могут быть береговыми и русловыми. В состав системы водопровода входят сооружения для отстаивания, коагуляции, фильтрации и обезвреживания воды.

Подземные воды бывают грунтовыми (на глубине от 1-2 до нескольких десятков и даже сотен метров) и межпластовыми (до 1 000 м и более). Для подъема грунтовых вод сооружают шахтные колодцы, а для межпластовых (артезианских) – трубчатые. Воды, расположенные на большой глубине, отличаются высоким качеством. Атмосферные воды содержат мало солей и быстро портятся, чаще их используют в безводных местностях.

2.5 Гигиена поения животных

Лучшим способом, соответствующим физиологическим потребностям организма, является автоматическое поение, при котором животные могут пить воду вволю и в любое время. Автопоилки бывают индивидуальные и групповые, стационарные и передвижные, а также для отдельных видов животных.

При привязном содержании крупного рогатого скота применяют индивидуальные чашечные поилки, при беспривязном содержании и на откормочных площадках – групповые (с электроподогревом).

Для свиней устанавливают поилки с автоматической очисткой чаши от корма и грязи, а также бесчашечные. Для овец – из расчета одна поилка на 200 голов.

Лошадей следует поить 3 раза в день до скармливания им зерновых кормов и после дачи сена. Нельзя поить разгоряченных лошадей, так как это приводит к ревматическому воспалению копыт. В автопоилках для лошадей имеется приспособление для временного перекрывания воды.

При отсутствии автопоилок крупный рогатый скот и свиней поят не реже 3-4 раз, а овец – 1-3 раза в сутки. При групповом поении животных на пастбище лучше устанавливать на некоторой высоте желоба. Их следует как можно чаще очищать, мыть и дезинфицировать. При поении из водоемов к ним предварительно подготавливают подступы в виде мощеной или утрамбованной площадки с отлогим спуском. Места водопоя целесообразно оградить редкой изгородью (решетками), чтобы животные не могли входить в водоем, мутить и загрязнять его. Расстояние от пастбища до водопоя не должно превышать: для крупного рогатого скота – 1-2 (до 3) км, свиней – 0,5-1,5, овец – 3, лошадей – 3-4 км.

2.6 Нормативы водопотребления

Количество потребляемой воды зависит от вида, возраста, продуктивности животных, условий эксплуатации, характера кормления, способов поения, температуры и свойств воды.

В среднем в сутки животные потребляют следующее количество воды: коровы – до 65 л, бычки и нетели – 50, телята до 6 мес – 10, овцы – 8, хряки и свиноматки – 10-12, подсосные свиноматки – 20, свиньи на откорме – 6, лошади – 45-65, куры – 0,25-0,3 л на одну голову (приложение 7).

Потребность (ориентировочная) животных в воде следующая (на 1 кг сухого вещества корма, л): для лошадей – 2-3, коров – 4-6, откормочного молодняка – 3-4, свиней – 6-8, овец – 2-3. Чувство жажды появляется при потере организмом воды в количестве, равном 1% от массы тела.

При организации водоснабжения на животноводческих предприятиях и при расчете водопотребления пользуются утвержденными нормами. В летнее время года, при повышении температуры воздушной среды, норму водопотребления можно увеличивать, но не более чем на 25%.

Расход воды на удаление навоза учитывается отдельно в объеме от 4 до 10 л на одну голову скота в зависимости от способа удаления навоза.

Расход воды на пожаротушение в животноводческом комплексе или ферме колеблется от 5 до 20 л/с при продолжительности тушения пожара 3 ч.

Водопотребление на отдельные технологические операции предусмотрено в следующих количествах (л/сут); на поение в родильном отделении – 48; в стационаре, совмещенном с ветпунктом, – 35 на одно условное животное; на хозяйственно-бытовые нужды, обслуживание персонала: в санпропускнике и в родильном отделении – 25, в стационаре – 30, в ветпункте, ветеринарно-профилактическом пункте со стационаром, санитарно-убойном пункте и убойной площадке – 40 на одного человека, в том числе на обмывание спецобуви при входе из комплекса в санпропускник – 5, при входе с внешней территории – 2,5.

На санитарную обработку животных с помощью щетки-душа при поступлении в родильное отделение предусматривают 20 л, в стационаре – 20, на санобра-

ботку коров перед отелом – 20, при отделении последа – 10, на лечебно-физиотерапевтические цели – от 3 до 30 л воды в сутки.

На 1 раковину (стальную эмалированную) в ветеринарном пункте расходуют 200 л/сут, на убойной площадке – 130, в помещении приема пищи (санпропускник) и ветпункте, совмещенном со стационаром, – по 250 л/сут, на одноразовую мойку ведер для выпойки телят – по 2 л, переносных доильных аппаратов и фляг – по 30 л.

В душевых кабинах предусматривают расход воды 500 л/ч на 1 место, на замачивание и стирку спецодежды – 30 л на 1 кг сухого белья.

На уборку пола в профилактории расходуют 4,5 л на 1 м² площади, убойном отделении и вскрывочной – 3,5, манеже-приемной – 2 л, помещении для содержания животных (генеральная уборка) – 10 л, на дезинфекцию пола в профилактории, индивидуальных клеток, боксов для отела, стойл в родильном отделении и стационаре манежа-приемной – 0,5 л воды на 1 м² площади.

На очистку и дезинфекцию станка для обработки и исследования животных (после его использования), предусматривают соответственно 40 л и 50 л воды.

Для приготовления инсектицидного раствора и обработки им кожного покрова животных требуется 2 л на взрослое животное и 0,75-1,0 л на голову молодняка старше 3 мес, на приготовление раствора с целью заправки ванны для укрепления копытного рога – 100 л воды.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите физические и химические показатели питьевой воды.
2. Почему вода является благоприятной средой для развития микроорганизмов?
3. Возбудители каких заболеваний могут передаваться через воду?
4. Что такое кишечные вирусы?
5. Что подразумевается под санитарно-микробиологической оценкой воды?
6. Что нормирует ГОСТ 31952-2012. Устройства водоочистные?

7. Перечислите основные микробиологические показатели, характеризующие безопасность питьевой воды.
8. Назовите паразитологические показатели, свидетельствующие о безопасности питьевой воды.
9. Какие существуют системы водоснабжения животноводческих объектов?
10. На какие санитарно-защитные зоны подразделяется территория вод источника?
11. Какой из способов поения лучше удовлетворяет физиологические потребности организма животного?
12. Какова потребность с.-х. животных в питьевой воде?

3. ПАСПОРТИЗАЦИЯ И САНИТАРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОДОИСТОЧНИКА

Санитарный надзор за водоснабжением животноводческих ферм – важный элемент профилактической работы зооветспециалистов. Основа такого надзора – учет и паспортизация всех источников воды. Для характеристики ее количества и качества в водоисточнике составляют санитарный паспорт. В нем отражают санитарное состояние водоисточника, результат повторных исследований, химический состав и бактериологические показатели, сведения о всех случаях возникновения у животных заболеваний, связанных с водой.

Паспорт составляют на основе санитарного обследования на месте источника воды; при этом выясняют эпизоотологические, эпидемиологические, топографические и технические условия.

Санитарно-топографическое обследование водоисточника позволяет установить происхождение или тип источника, размеры и глубину, характер почвы и подпочвенных слоев грунта, топографию местности и территории вокруг источника. Выявляют объекты, которые могут загрязнить воду и источник. Осматривают водозаборные устройства и оборудование.

Ветеринарно-санитарный надзор водоисточников включает: наблюдение за его состоянием и организацию охраны с целью предупреждения возможных загрязнений воды органическими и прочими отбросами и нечистотами; организацию лабораторного исследования воды и учет постоянства ее качества в зависимости от сезонов года и почвенных условий; установление взаимосвязи между доброкачественностью питьевой воды и возникновением (наличием) болезней у животных.

Пригодность источника для питьевого водоснабжения устанавливают на основе:

1. Санитарного состояния места водозабора и самого источника водоснабжения.
2. Качества воды в источнике водоснабжения.

3. Наличия возможных стоков в водоисточнике (талые воды, сточные воды населенного пункта, животноводческих и промышленных объектов).

4. Наличия охранно-предупредительных мер по загрязнению и заражению водоисточника.

Вопросы для самоконтроля

1. Что включает в себя ветеринарно-санитарный надзор водоисточников?
2. Что такое паспорт водоисточника?
3. По каким показателям оценивают пригодность водоисточника для питьевого водоснабжения?

4. ВЗЯТИЕ ПРОБЫ ВОДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ



Рисунок 1 –
Батометр

Пробы воды из открытых водоисточников берут батометром (рисунок 1) или стеклянной бутылкой с притертой пробкой (рисунок 2) с глубины 0,5-1,0 м в некотором отдалении от берега (1-2 м). Объем пробы зависит от цели исследования. Для полного санитарно-химического анализа берут 5 л воды, для сокращенного – 1-2, при анализе на месте (у источника) – 0,5 л. Бутылка должна быть чисто вымыта, перед исследованием ополоснута водой, предназначенной для исследований. Пробы воды надежно закрывают пробками.

Из открытых водоемов анализы проб воды берут по сезонам года: весной в половодье, летом и зимой, в каждый сезон исследуют не менее 3 раз.

К пробе прилагают сопроводительное письмо, в котором указывают: наименование источника и его местонахождение, дату взятия пробы (год, месяц, число и час), место и точку взятия пробы, метеоусловия, температуру воды, цель исследования, место работы, должность и подпись лица, взявшего пробу воды.

В том случае, когда пробы воды могут быть доставлены в лабораторию не ранее 5 ч с момента отбора, следует предохранить их от нагревания или замерзания. Пробы упаковывают в ящик или корзину (желательно с войлочной прокладкой). В случае невозможности исследования воды в день отбора проб их хранят в холодильнике. Предельно допустимый срок хранения для чистой воды – 72 ч, малозагрязненной – 48, загрязненной – 12 ч.



Рисунок 2 - Бутылка
с притертой
пробкой

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите прибор для отбора проб воды.
2. Назовите необходимые правила и условия при отборе проб воды.
3. Как проводится подготовка проб воды к хранению?

5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

Полевые методы анализа включают определение следующих показателей: запаха, вкуса, цветности, мутности, температуры, pH, нитратов, нитритов, хлоридов, сульфатов, общей жесткости, железа, фтора, ионов аммония, суммы металлов (цинк, медь, свинец).

Исследования проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 24902-81. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа.

Температура воды. Температуру воды определяют термометром с делениями 0,1 °С. Используют ртутные, электрические термометры и термоэлементы.

Запах воды. Для определения запаха 150-200 мл воды наливают в стеклянную колбу, закрывают ее пробкой, взбалтывают, после чего пробку открывают и нюхают. Интенсивность запаха оценивают по ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. Запах определяют не позднее чем через 2 ч после отбора пробы по пятибалльной шкале (приложение 1, 2). При обнаружении запахов выясняют их происхождение: естественное или искусственное (фенола, хлора, нефти, сероводорода и т. д.).

Вкус и привкус воды. Вкус воды определяют при отсутствии подозрений на ее загрязненность (бактериальную или химическую). Органолептически определяют характер и интенсивность вкуса и привкуса. Вкус воды может быть кислый, соленый, горький, сладкий; привкусы – железистый, хлорный, вяжущий, терпкий, рыбный, щелочной и др. Интенсивность вкуса и привкуса определяют и оценивают при температуре воды 20 °С по пятибалльной шкале (приложение 1).

Цветность воды определяют фотометрическим путём сравнения проб испытуемой жидкости с растворами, имитирующими цвет природной воды, или с дистиллированной водой.

Для проведения испытаний применяют следующую аппаратуру и материалы: фотоэлектрокалориметр (ФЭК) с синим светофильтром ($\lambda=413$ нм) и кюветы с

толщиной поглощающего свет слоя 5-10 см. В одну кювету наливают пробу воды, а в другую – дистиллированную воду. Результат определяют по формуле 1:

$$C = D/0,008, \quad (1)$$

где C – цветность пробы воды;

D – оптическая плотность, найденная по ФЭК.

Мутность воды. Мутность воды определяют сразу после отбора пробы фотометрическим путём сравнения проб исследуемой воды с дистиллированной водой.

Для проведения исследования применяют фотоэлектрокалориметр с зелёным светофильтром ($\lambda=530$ нм), кюветы с толщиной поглощающего слоя 50 или 100 мм

В одну кювету набирают испытываемую пробу, а во вторую – дистиллированную воду, служащую контрольной пробой.

Мутность (мл/дм³) находят по градуировочному графику или рассчитывают по формуле 2:

$$C = D/0,02 \cdot 0,58, \quad (2)$$

где C – мутность воды;

D – оптическая плотность, найденная по ФЭК.

Прозрачность воды. Хорошая питьевая вода должна быть прозрачной, не имеющей взвешенных частиц. Определяют прозрачность методом сравнения: в одинаковые цилиндры наливают исследуемую и дистиллированную воду. Исследуемую воду оценивают, как прозрачную, слабопрозрачную, слабоопалесцирующую, слабомутную, мутную и сильномутную.



Рисунок 3 – Диск Секки для определения прозрачности воды

Международный стандарт ИСО 7027-1:2016 описывает также полевой метод определения прозрачности воды с использованием специального диска, известного как диск Секки (рисунок 3). Этот метод благодаря своей простоте получил распространение в образовательных учреждениях нашей страны. Диск Секки представляет собой диск, отлитый из бронзы (или другого металла с большим удельным весом), покрытый

белым пластиком или белой краской и прикрепленный к цепи (стержню, нерастягивающемуся шнуру и т.п.). Диск обычно имеет диаметр 200 мм с шестью отверстиями, каждое диаметром 55 мм, расположенными по кругу диаметром 120 мм. При определении мутности с помощью диска его опускают в воду настолько, чтобы он был едва заметен. Измеряют максимальную длину погруженной цепи (шнура), при которой диск еще заметен. Измерения повторяют несколько раз, т.к. возможно мешающее влияние отражения света от водной поверхности. Для значений, меньших 1 м, результат приводят с точностью до 1 см; для значений больших, чем 1 м, – с точностью до 0,1 м. Данный метод удобен тем, что позволяет использовать для анализа мосты, наклоненные над водой деревья, обрывистые берега и др. В некоторых случаях анализ можно проводить и с берега, привязав шнур к длинной палке. Вода считается прозрачной, если диск виден на глубине не менее 60 см.

В лабораторных условиях прозрачность воды определяют в специальном цилиндре с плоским дном и краном внизу. Цилиндр имеет деления в сантиметрах. Цилиндр наполняют исследуемой водой и под дно подкладывают специальный шрифт Снеллена №1 (высота букв 2,5 см). Исследуемую воду постепенно сливают и смотрят через толщу воды на шрифт, пока буквы шрифта не станут хорошо видны.

При высоте столба 30 см и более вода считается прозрачной, при высоте от 20 до 30 см – слегка мутной, от 10 до 20 см – мутной. Вода с прозрачностью менее 10 см считается непригодной для питья без предварительного осветления.

Прозрачность воды можно определить и при помощи кольца (рисунок 4). Это упрощенный и наиболее доступный метод. Заключается он в том, что из медной или железной проволоки сечением 1 мм, окрашенной лаком в черный цвет, делают кольцо диаметром 1-1,5 см. Длина проволоки с кольцом должна быть 45 см. Проволоку с кольцом опускают в исследуемую воду, налитую в цилиндр, бутылку или другой прозрачный сосуд, на глу-

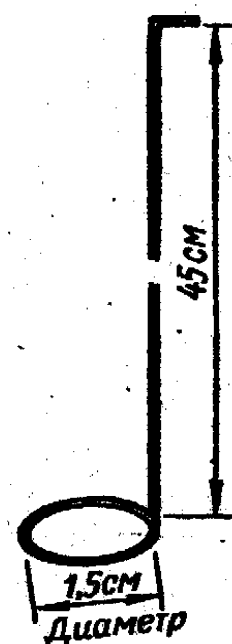


Рисунок 4 - Проволочное кольцо для определения прозрачности воды

бину, при которой контуры кольца не видны. После этого кольцо медленно поднимают до тех пор, пока оно не станет видимым. Толщину (глубину) воды до кольца измеряют сантиметровой линейкой или лентой.

Определение цветности и прозрачности, мутности воды в лабораторных условиях может проводиться при помощи стандартных методов, например, мини-лаборатории «МЭТ-МЛ-5».

Вопросы для самоконтроля

1. В каких единицах измеряется интенсивность запаха воды?
2. В каких единицах измеряется цветность воды?
3. Назовите методы определения чистоты и прозрачности воды.

6. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ

Химическими исследованиями воды определяют ее солевой состав, содержание веществ антропогенного характера, а также наличие токсических примесей.

6.1 Определение реакции воды (рН)

В полевых условиях реакцию воды определяют по изменению цвета красной и синей лакмусовой бумажки. Посинение красной свидетельствует о щелочной реакции ($\text{pH} > 7,0$), покраснение синей – о кислой ($\text{pH} < 7,0$).

Для определения рН воды от 2,0 до 10,0 можно использовать универсальный индикатор в форме порошка, раствора или пропитанные индикатором бумажные полоски.

Для приготовления индикатора берут 50 мл абсолютного спирта, в котором растворяют 0,01 г фенолфталеина, 0,02 – метилрота, 0,03 – диметиламинобензола, 0,04 – бромтимолбляу и 0,05 г тимолбляу. Затем в жидкость добавляют 0,1 н. раствор NaOH до ясного зеленого окрашивания (от капли до 1 мл).

Для определения рН 2 мл исследуемой воды наливают в фарфоровую чашку и добавляют две капли универсального индикатора. В зависимости от рН воды она приобретает разный цвет: при рН 2 – красный, при рН 4 – оранжевый, при рН 6 – желтый, при рН 8 – зеленый, при рН 10 – синий. Согласно ГОСТ Р 51232-98, рН воды должна быть в пределах 6,0-9,0.

В лабораторных условиях реакцию воды определяют при помощи лабораторного рН-метра HANNA instruments HI2210 (рисунок 5). Данный прибор снабжен большим, легко читаемым жидкокристаллическим дисплеем, на котором одновременно отображаются значения температуры и рН. Дисплей также имеет ряд графических символов, облегчающих работу с прибором.

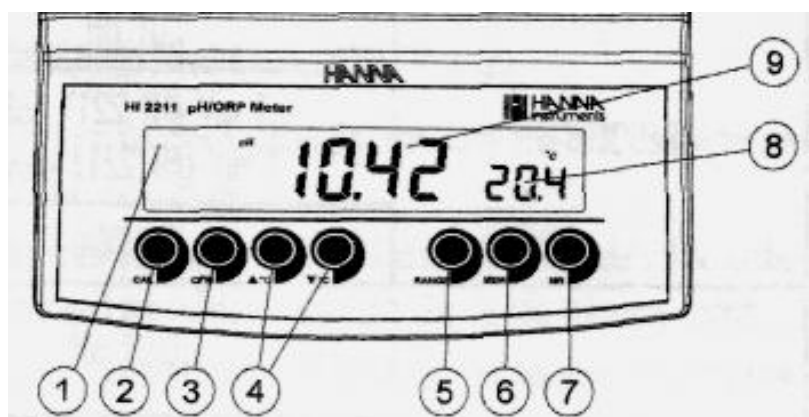


Рисунок 5 – Лабораторный pH-метр HANNA instruments HI2210:

1 – дисплей; 2 – кнопка CAL – для входа и выхода из режима калибровки;
3 – кнопка CFM для подтверждения значения; 4 – кнопки вверх и вниз для ручного задания температуры и выбора буферного раствора; 5 – кнопка RANGE – для выбора режима измерения; 6 – кнопка MEM для сохранения результата в память; 7 – кнопка MR для вызова результата из памяти; 8 – вспомогательный дисплей; 9 – основной дисплей

Порядок работы с прибором. Включите прибор. На дисплее появятся все сегменты, прибор автоматически выполнит самопроверку.



Прибор автоматически перейдет в режим измерения pH.

Перед каждым измерением рекомендуется тщательно промывать электрод. Лучше для этого использовать свободное количество измеряемого образца (всегда старайтесь использовать две порции образца: одна для споласкивания, другая для измерения). Если производится ряд измерений в различных образцах, в промежутках между пробами рекомендуется споласкивать электрод и термодатчик дистиллированной водой (если дистиллированной воды нет в распоряжении, можно использовать обычную водопроводную) и промокнуть фильтровальной бумагой. Значения pH напрямую зависят от температуры, и потому для точного измерения pH всегда следует принимать в расчет температуру раствора. Полное равновесие в системе «электрод – образец» наступает примерно через 15 мин.

Для измерения pH просто погрузите pH-электрод и термодатчик в тестируемый образец на глубину примерно 3-4 см (рисунок 6). Подождите 1-2 мин для

стабилизации электрода. Значение рН появится в центре дисплея. Справа появится значение температуры.



Если значение рН вне пределов измерений прибора, на дисплее будут показаны черточки «— — —»

Для использования функции автоматической температурной компенсации необходимо погрузить термодатчик HI7669/2W в образец как можно ближе к электроду и подождать 1-2 мин. Если температура образца известна, термокомпенсацию можно осуществлять вручную.

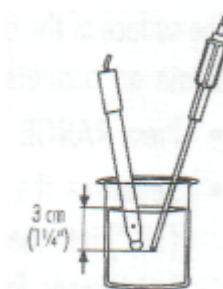
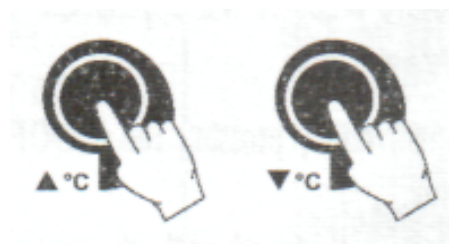


Рисунок 6 – Погружение рН-электрода и термодатчика в тестируемый образец

Для проведения ручной термокомпенсации необходимо отключить термодатчик от прибора. При этом справа на дисплее появится температура 25,0 °C или последняя измеренная термодатчиком температура. Символ «°C» при этом будет мигать. Узнайте температуру образца при помощи Checktemp или ртутного термометра. Установите значение температуры при помощи клавиш со стрелками.



Если термодатчик подключен к прибору, то символ «°C» не мигает, справа на дисплее отображается текущая температура, которую нельзя отредактировать при помощи клавиш.

6.2 Определение окисляемости

Доброкачественной считается вода, органические примеси которой окислились и превратились в неорганические соединения (минерализовались). Непосредственное определение органических веществ в воде технически трудновыполнимо. О наличии их можно судить по окисляемости воды. Под окисляемостью

воды понимают количество кислорода, необходимого для окисления органических веществ животного и растительного происхождения, находящихся в 1 л воды. Чем больше органических веществ в воде, тем выше ее окисляемость.

Принцип определения окисляемости воды основан на свойстве марганцовокислого калия разлагаться в горячей воде с выделением свободного кислорода, который и окисляет органические вещества, растворенные в воде.

Приборы

- 1) бюретка;
- 2) колбочки;
- 3) пипетка;
- 4) электроплитка.

Реактивы:

1) 0,01 н. раствор марганцовокислого калия KMnO_4 , 1 мл которого в кислой среде может дать 0,08 мг кислорода (0,316 KMnO_4 на 1 л дистиллированной воды);

2) 0,01 н. раствор щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 1 мл которой поглощает при окислении 0,08 мг кислорода (0,65 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ на 1 л дистиллированной воды);

3) 25%-й раствор H_2SO_4 (1 часть H_2SO_4 удельного веса 1,84 разбавляется в 3 частях дистиллированной воды).

Установление титра раствора

Титр раствора KMnO_4 устанавливается по щавелевой кислоте. В колбу наливают 100 мл дистиллированной воды, добавляют 5 мл 25%-го раствора H_2SO_4 и 8 мл 0,01 н. раствора KMnO_4 . Жидкость в колбе кипятят 10 мин. После этого в колбу добавляют 10 мл 0,01 н. раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, отчего розовато окрашенное содержимое колбы обесцвечивается. Обесцвеченную горячую жидкость титруют 0,01 н. раствором KMnO_4 до появления слабого розового оттенка.

Количество миллилитров 0,01 н. раствора KMnO_4 , израсходованного до и в процессе титрования, будет соответствовать по титру 10 мл 0,01 н. раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и выделит при окислении 0,8 мг кислорода ($10 \times 0,08 = 0,8$).

Ход анализа

В колбу наливают 100 мл исследуемой воды, добавляют 5 мл 25%-го раствора H_2SO_4 и 8 мл 0,01 н. раствора KMnO_4 .

Жидкость в колбе кипятят 10 мин. После этого в колбу добавляют 10 мл 0,01 н. раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Обесцвеченную горячую жидкость титрируют 0,01 н. раствором KMnO_4 до появления розоватого оттенка. Количество миллилитров 0,01 н. раствора KMnO_4 , израсходованного до и в процессе второго титрования, пойдет на окисление 10 мл $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и органических веществ, содержащихся в исследуемой воде. После 10-минутного кипячения вода должна сохранять слабый розовый цвет. Если проба воды содержит много органических веществ, она может при кипячении побуреть или обесцветиться. В этом случае исследуемую воду разбавляют в несколько раз дистиллированной водой, а окончательный результат увеличивают во столько же раз.

Окисляемость воды вычисляют по формуле 3:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K \cdot 0,08 \cdot 1000}{V}, \quad (3)$$

где X – искомая окисляемость воды, мг/л;

V_1 – второй титр KMnO_4 ;

V_2 – первый титр KMnO_4 ;

K – поправка к титру KMnO_4 ;

0,08 – количество кислорода, выделяемое 1 мл 0,01 раствора KMnO_4 , мг;

1 000 – перерасчет на 1 л;

V – объем исследуемой воды, мл.

Поправка к титру KMnO_4 находится делением количества $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ на количество KMnO_4 в миллилитрах, пошедшее на титрование.

Допускается окисляемость воды до 5 мг кислорода на 1 л. Приблизительное весовое содержание органических веществ в 1 л исследуемой воды получается при умножении весового количества кислорода, израсходованного при окислении, на 20, так как 1 мг кислорода соответствует 20 мг органических веществ.

6.3 Определение жесткости

Жесткость воды обуславливается в основном наличием углекислых, хлористых, сернокислых, фосфорнокислых, азотнокислых солей кальция и магния.

Жесткость воды может служить показателем загрязнения ее органическими веществами. В результате распада органических веществ образуется углекислота, которая может выщелачивать из почвы соли кальция и магния.

Различают три вида жесткости: *общую, устранимую (карбонатную) и постоянную*.

Общая жесткость обусловлена наличием в воде суммарного количества солей (мг-экв/л).

Устранимая (карбонатная) жесткость обусловлена гидрокарбонатами и карбонатами кальция и магния, устранимыми при кипячении.

Постоянная жесткость – жесткость воды, остающаяся после часового кипячения.

Жесткость воды выражается в миллиграмм-эквивалентах растворимых солей кальция и магния в 1 л (1 мг-экв/л жесткости соответствует 20,04 мг кальция или 12,16 мг магния).

Общая жесткость питьевой воды составляет 7 мг-экв/л, предельно допустимая – 10 мг-экв/л.

Для поения животных допустимо использовать воду с жесткостью (мг-экв/л): для крупного рогатого скота – 10-18, овец – 20-25, свиней – 8-14, лошадей – 10-15.

Жесткость воды ранее выражалась в градусах, 1 мг-экв/л равен 2,8° жесткости.

Для определения жесткости воды доступными методами используют следующие реактивы и посуду: 0,1 н. раствор HCl, щелочную смесь, состоящую из равных частей 0,1 н. раствора Na_2CO_3 и 0,1 н. раствора NaOH, 0,2%-й раствор метилрота, мерные пипетки на 2, 5, 10 мл, конические колбы емкостью 150-250 мл, мерный цилиндр или пипетку на 100 мл.

Определение устранимой (карбонатной) жесткости. В колбу наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 2 капли метилрота и титруют 0,1 н. раствором соляной кислоты до появления слабо-розового окрашивания.

Расчет проводят по формуле 4:

$$X = \frac{a \cdot 0,1 \cdot 1000}{V}, \quad (4)$$

где X – карбонатная жесткость, мг-экв/л;

a – количество 0,1 н. раствора HCl, израсходованной на титрование, мл;

0,1 – титр соляной кислоты;

V – объем исследуемой воды, мл.

Определение общей жесткости воды. В ту же колбу с водой, уже оттитрованной, добавляют 20 мл щелочной смеси (равных частей 0,1 н. раствора Na_2CO_3 и 0,1 н. NaOH) и кипятят 3 мин. Жидкость охлаждают, переливают в мерный цилиндр (или колбу на 200 мл), доливают дистиллированную воду до объема 200 мл, перемешивают и фильтруют.

В колбу наливают 100 мл фильтрата, добавляют 2 капли индикатора метилрот и титруют 0,1 н. соляной кислотой до слабо-розового окрашивания.

Расчет проводят по формуле

$$X = 20 - a \cdot 2, \quad (5)$$

где X – общая жесткость, мг-экв/л;

20 – количество щелочной смеси, мл;

a – количество 0,1 н. раствора HCl, израсходованного на титрование, мл;

2 – множитель, поскольку для титрования было взято только 100 мл воды.

Постоянная жесткость представляет собой разность между общей и карбонатной жесткостью.

6.4 Определение хлоридов

Хлориды могут свидетельствовать о косвенном загрязнении воды органическими отходами животноводства.

Качественное определение основано на осаждении хлоридов азотнокис-

лым серебром.

В пробирку наливают 5 мл исследуемой воды, подкисляют 2-3 каплями азотной кислоты (исключая из реакции углекислые и фосфорно-кислые соли). Прибавляют 3 капли 10%-го раствора азотно-кислого серебра и определяют степень помутнения воды. Образование слабой белой мути (хлопьев) указывает на то, что в исследуемой воде около 1-10 мг/л хлоридов, сильной мути – 10-15, медленно осаждающихся крупных хлопьев – 50-100, белого творожистого осадка – более 100 мг/л.

Количественное определение хлоридов основано на их осаждении титрованным раствором азотнокислого серебра, 1 мл которого связывает 1 мг хлоридов.

В две колбы наливают по 100 мл исследуемой воды, прибавляют по 15 капель индикатора хромовокислого калия. Воду в одной из колб титруют раствором азотнокислого серебра до перехода желтого цвета в оранжево-бурый. При титровании обе колбы ставят рядом и постоянно сравнивают окраску. Записывают расход азотнокислого серебра и делают расчет по формуле 6:

$$X = A \cdot 10, \quad (6)$$

где X – количество хлора, мг/л;

A – количество азотнокислого серебра, израсходованного на титрование 100 мл исследуемой воды, мл;

10 – множитель для приведения объема к 1 л.

Приготовление титрованного раствора серебра (1 мл раствора серебра осаждает 1 мг хлора). Берут навеску 4,7910 г нитрата серебра и растворяют в 1 л дистиллированной воды (раствор хранят в стеклянной посуде желтого цвета).

Приготовление индикатора хромовокислого калия. В небольшом количестве дистиллированной воды растворяют 50 г нейтрального хромата калия, прибавляют нитрат серебра до образования легкого красного осадка. Через 1-2 дня фильтруют и доводят объем фильтрата до 1 л дистиллированной водой. В питьевой воде содержание хлоридов допускается до 350 мг/л.

6.5 Определение сульфатов

Сульфаты могут быть косвенным показателем загрязнения водоисточников промышленными сточными водами.

Качественное определение сульфатов основано на учете степени помутнения воды от сульфата, образующегося при взаимодействии сульфат-иона с хлоридом бария.

В пробирку наливают 5 мл исследуемой воды, подкисляют 2 каплями 10%-го раствора HCl , прибавляют 5 капель 5%-го раствора хлористого бария (10 г BaCl_2 растворяют в 200 мл дистиллированной воды, нагревая до кипячения).

При наличии сульфатов появляется белая муть из нерастворимого в кислотах сернокислого бария (BaSO_4), по которой определяют приблизительное содержание сульфатов в воде. При этом руководствуются следующими показателями: слабая муть, появляющаяся через 1-2 мин, указывает на содержание сульфатов от 1 до 10 мг/л; слабая муть, появляющаяся сразу, – 10-100; сильное помутнение – 100-500; появление осадка на дне пробирки – более 500 мг/л сульфатов.

Содержание сульфатов в питьевой воде не должно превышать 500 мг/л.

6.6 Определение азотсодержащих веществ

Азотсодержащие вещества являются показателем загрязнения воды сельскохозяйственными и промышленными стоками.

Качественное определение аммиака. В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 2-3 капли реактива Несслера. При наличии в воде аммиака или его солей вода окрашивается в желтый или оранжевый цвет (приложение 3).

На основании качественного определения можно дать количественную характеристику.

В воде допускаются лишь следы аммиака (0,1 мг/л).

Определение нитритов. Метод основан на образовании яркоокрашенных азотистых соединений при взаимодействии в кислой среде нитратов с реактивом Грисса.

Качественное определение нитритов. В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл реактива Грисса. Затем пробирку нагревают на водяной бане в течение 5-10 мин при 70-80 °С. Появление розовой окраски различной интенсивности свидетельствует о наличии в воде нитритов. По интенсивности окрашивания воды можно приблизительно определить количество нитритов.

В воде допустимо содержание лишь следов нитритов (0,002-0,003 мг/л).

Определение нитратов. Приближенный метод количественного определения нитратов основан на том, что азотнокислые соли переводятся раствором фенола в серной кислоте в пикриновую кислоту, которая при добавлении аммиака переходит в нитрат аммония желтого цвета (приложение 4).

Приготовление сульфифенолового реактива. В колбу на 150 мл вносят 3 г кристаллического фенола и 20 мл серной кислоты плотностью 1,84 г/см³. Колбу закрывают пробкой, в которую вставлена длинная стеклянная трубка, заканчивающаяся сверху капилляром (для предотвращения попадания водяных паров) и нагревают на водяной бане при 100 °С в течение 6 ч.

В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, добавляют 1 мл сульфифенолового реактива из пипетки так, чтобы капли падали на поверхность воды. Контролем служит пробирка с дистиллированной водой. Пробирки взбалтывают, через 20 мин определяют содержание нитратов по таблице.

По ГОСТ Р 51232-98, в питьевой воде нитратов должно содержаться не более 45 мг/л.

Определение химических показателей воды в лабораторных условиях может проводиться при помощи стандартных методов, например, мини-лаборатории «МЭТ-МЛ-5».

МЭТ-Растворенный кислород-РС, МЭТ-рН-РС, МЭТ-Жесткость-Т, МЭТ-ПО-РС, МЭТ-NO₃-РС, МЭТ-Щелочность-Т, МЭТ-NO₂-РС, МЭТ-NH₄-РС, МЭТ-SO₄-РС, МЭТ-Cl-РС.

Вопросы для самоконтроля

1. Какую реакцию (рН) должна иметь хорошая доброкачественная вода?

2. Назовите методы определения реакции и окислительно-восстановительного потенциала воды.
3. Как определить реакцию воды в полевых условиях?
4. Для чего применяется реакция окисляемости воды?
5. Назовите нормативы содержания азота нитритов и нитратов в воде.
6. Назовите нормативы содержания хлоридов и сульфатов в воде.
7. На чем основан принцип определения хлоридов и сульфатов в воде?
8. В каких единицах выражают жесткость воды?
9. Назовите виды жесткости воды.
10. Укажите норму жесткости воды, пригодной для поения животных.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ ПО СМЕРТНОСТИ ДАФНИЙ (*Daphnia magna* Straus)

Методика основана на определении смертности дафний (*Daphnia magna* Straus) при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ (контроль). Количество живых и мертвых дафний определяется методом прямого счета.

Острое токсическое действие исследуемой воды на дафний устанавливается по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50% и более дафний за 48 ч в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность.

В экспериментах по определению острого токсического действия устанавливают:

- среднюю летальную концентрацию отдельных веществ (кратность разбавления вод, содержащих смеси веществ), вызывающую гибель 50% и более тест-организмов (ЛК₅₀₋₄₈, ЛКР₅₀₋₄₈);
- безвредную кратность разбавления вод, вызывающую гибель не более 10% тест-объектов за 48-часовую экспозицию (БКР₁₀₋₄₈).

Хроническое токсическое действие растворов отдельных химических веществ, исследуемой воды на дафний определяется по смертности и изменению их плодовитости за период до 24 сут в исследуемой воде по сравнению с контрольным экспериментом. Критерием хронической токсичности служит гибель 20% и более и достоверное отклонение в плодовитости из числа выживших тест-организмов по сравнению с контрольным экспериментом.

7.1 Методика проведения исследования

Подготовка к биотестированию. Для проведения биотестирования предварительно разрабатывают программу отбора проб, готовят посуду, оборудова-

ние, вспомогательные материалы для отбора проб и проведения биотестирования, пробоотборники, места хранения отобранных проб, а также рабочие места для обработки доставленных в лабораторию проб и исследования их на токсичность. Все процедуры предварительной подготовки должны исключать попадание токсичных, органических и каких-либо других веществ из окружающих предметов или среды в исследуемую воду.

Химически чистую посуду для биотестирования хранят с закрытыми стеклянными притертыми пробками или закручивающимися крышками в защищенных от пыли ящиках лабораторного стола или на закрытых полках, стеллажах и т.п.

Подготовка культивационной воды. Культивационная вода используется:

- для культивирования дафний;
- в качестве контрольной при биотестировании;
- для разбавления исследуемых вод.

Для подготовки культивационной воды питьевую воду отстаивают в течение 3-7 сут (до полного дехлорирования) в бутылках из бесцветного стекла. При отсутствии питьевой воды удовлетворительного качества допускается использование бутилированной негазированной питьевой воды или поверхностной пресной или грунтовой воды, отобранной вне зоны влияния источников загрязнения и профильтрованной через мембранный фильтр с размером пор 3,5 мкм. Мембранные фильтры перед употреблением тщательно промывают и кипятят в дистиллированной воде не менее 10 мин.

Культивационная вода должна удовлетворять следующим требованиям:

- отсутствие органических загрязняющих веществ, хлора, токсических веществ, антагонистических для дафний организмов (синезеленых водорослей) и пищевых конкурентов (простейших, многоклеточных);
- pH 7,0-8,5;
- жесткость общая от 80 до 250 мг/дм³ (выраженная в CaCO₃);
- температура от +19 °C до +25 °C.

В культивационной воде требуемого качества выживаемость тест-культуры

рачков дафний за 48-часовой период биотестирования должна быть не ниже 100%.

При этом 50%-я гибель рачков в конце первых суток экспонирования должна наступать при внесении в нее бихромата калия в диапазоне концентраций 0,9-2,0 мг/дм³. Более низкая чувствительность к данному модельному токсиканту может быть вызвана присутствием в культивационной воде повышенного количества примесей, способных вступать с ним во взаимодействие. В результате этого токсикант становится менее доступным для тест-организма. Для повышения чувствительности биотеста можно разбавить культивационную воду дистиллированной водой в 1,5-3,0 раза. После разбавления культивационная вода должна быть нетоксичной для рачков и обеспечивать их хорошую плодовитость в маточной и синхронной культуре.

При исследовании вод с повышенным солесодержанием (содержание сухого остатка выше 1 г/дм³) проводят предварительную постепенную адаптацию культуры тест-объектов, добавляя небольшими порциями хлористый натрий в культивационную воду (содержание солей по сухому остатку не должно превышать 6 г/дм³).

Получение исходного материала, содержание и кормление дафний, выращивание культуры. Исходный материал для культивирования водорослей, дафний можно получить в лабораториях, занимающихся биотестированием, имеющих культуру требуемой видовой принадлежности.

Культуру дафний выращивают в климатостате Р-2 или эквивалентном приспособлении, обеспечивающем поддержание искусственного освещения лампами дневного света с интенсивностью света от 1200 до 2 500 лк, 12-часовой световой и ночной (без освещения) периоды, температуру +20±2 °С.

Один или два раза в неделю осуществляют пересадку культуры в свежую культивационную воду (частота пересадки определяется содержанием растворенного кислорода в культиваторах). Для этого воду вместе с рачками осторожно переливают в чистый культиватор так, чтобы накопившийся осадок остался на дне. В чистый культиватор добавляют свежую порцию культивационной воды. Плот-

ность маточной культуры не должна превышать 20-25 особей на 1 дм³ культивационной воды.

Не допускается использование молоди маточной культуры для биотестирования.

Выращивание синхронизированной культуры. Биотестирование воды и водных вытяжек проводят только на синхронизированной культуре дафний. Синхронизированной является одновозрастная культура, полученная от одной самки путем ациклического партеногенеза в третьем поколении. Такая культура генетически однородна.

Рачки, ее составляющие, обладают близкими уровнями устойчивости к токсическим веществам, одновременно созревают и в одно время дают генетически однородное потомство. Получение синхронизированной культуры производится в климатостате.

Для этого отбирают одну самку средних размеров с выводковой камерой, заполненной эмбрионами, и помещают в химический стакан объемом 250 см³, заполненный культивационной водой на 200 см³. Появившуюся молодь переносят в кристаллизатор (25 особей на 1 дм³ воды) и культивируют указанным способом. Полученная третья генерация является синхронизированной культурой и может быть использована для биотестирования в возрасте 6-24 ч.

Чтобы отобрать для опытов одновозрастную культуру, дафний фильтруют с помощью комплекта сит. Взрослые дафнии задерживаются на крупном сите (размер ячеек 1 000-2 200 мкм), а молодые, в возрасте от 6 до 24 ч, – на самом мелком (размер ячеек 450-560 мкм).

Для непрерывного осуществления массовых анализов на токсичность различных сред при большом количестве проб необходимо культивирование 4-5 генетически однородных синхронизированных культур, отличающихся друг от друга по возрасту.

Пересадка плодоносящих самок в свежую культивационную воду осуществляется один раз в неделю. Родившуюся молодь ежедневно отсаживают и используют для биотестирования.

Подготовка корма и кормление. Дафниям необходимо обеспечить комбинированное дрожже-водорослевое питание. В качестве водорослевого корма используют культуру зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer. Культуру водоросли выращивают в культиваторе КВ-05 в течение 24 ч на 5%-й среде Тамия. Водорослевое кормление маточной и синхронизированной культур дафний производится через каждые 1-2 сут путем добавления в емкости с рачками указанной выше суспензии хлореллы. Количество добавляемой суспензии должно составлять около 1/20 объема маточной и синхронизированной культуры дафний.

Для дрожжевого питания культуры рачков готовят суспензию из 1 г свежих или 0,5 г сухих хлебопекарных дрожжей в 100 см³ дистиллированной воды. После набухания суспензию тщательно перемешивают. Допускается хранить дрожжевую суспензию в холодильнике 1-2 сут. Кормление дрожжами производится 1 раз в неделю путем добавления по 3 см³ тщательно перемешанной дрожжевой суспензии на 1 дм³ культуры рачков. Водорослевого корма в этот день дают в 3 раза меньше.

Кормление дафний производят до проведения токсикологического эксперимента. Дафний в опыте не кормят.

Подготовка проб воды к биотестированию. Подготовка производится согласно рекомендациям «Методики определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний», ФР.1.39.2007.03222.

Активный хлор, используемый для обеззараживания питьевых и сточных вод, является токсическим веществом, поэтому перед биотестированием питьевых вод, а также при необходимости анализа сточных вод после системы хлорирования хлор следует удалить из исследуемой воды отстаиванием пробы с открытой крышкой при температуре от +2 до +4 °С не менее 24 ч.

Проба воды, подлежащая биотестированию, должна иметь рН 7,0-8,2, если рН пробы выходит за указанные пределы, в отдельном эксперименте устанавливают токсичность, вызываемую водородным показателем. Затем определяют токсичность воды после нейтрализации пробы. Подкисление осуществляют 10%-м

раствором HCl, подщелачивание – 10%-м раствором NaOH. После нейтрализации пробы аэрируют 10-20 мин для стабилизации pH. Регулирование pH не должно вызывать химической реакции с веществами, присутствующими в пробе (выпадение осадка, комплексообразование) и не должно более чем на 5% изменять концентрацию исследуемых вод.

При исследовании грунтовых или других вод с содержанием железа двухвалентного более 1 мг/дм³ (валовая форма) необходимо предварительное отстаивание проб не менее 24 ч при температуре от +2 до +4 °C. Осветленную воду сифонируют и анализируют на токсичность.

Приготовление разбавлений исследуемых вод для биотестирования.

Приготовление производится согласно рекомендациям «Методики определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний», ФР.1.39.2007.03222.

Для приготовления разбавлений исследуемых вод используется культивационная вода. Предварительно перед приготовлением необходимых разбавлений воды для исследования подготавливают соответствующей емкости посуду, в которой будут готовить растворы. Объем используемой посуды должен на 1/3 превышать необходимый объем приготавливаемого разбавления исследуемых вод.

Перед приготовлением разбавлений нужно подготовить по возможности два одинаковых сосуда: один для разбавления, а другой для хранения раствора (может случиться, что в ближайшие часы процедуру биотестирования в определенном разбавлении необходимо будет повторить). Как во время приготовления разбавлений, так и при их хранении бутылки или другая посуда обязательно должны быть закрыты предварительно подобранными пробками и снабжены надписями о приготовленной концентрации исследуемых вод. Приготовление растворов, разбавлений, проведение биотестирования выполняют при комнатной температуре. Температура культивационной и исследуемой воды должна быть также доведена до комнатной перед приготовлением разбавлений.

7.2 Процедура биотестирования

Определение токсичности каждой пробы без разбавления и каждого разбавления проводят в трех параллельных сериях. В качестве контроля используют три параллельные серии с культивационной водой. Биотестирование проводят с соблюдением требований к температуре, продолжительности фотопериода и качеству культивационной воды.

Биотестирование проводят в пробирках объемом 100 см³, которые заполняют 50 см³ исследуемой воды. В пробирки помещают по 10 дафний в возрасте 6-24 ч. Чувствительность дафний к токсикантам зависит от возраста рачков, поэтому в протоколе отмечают возраст используемой молодежи. Возраст определяют по размеру рачков. Дафний отлавливают из емкостей, в которых выращивается синхронизированная культура. В отдельный химический стакан отсаживают одновозрастных рачков, а затем отлавливают по одному пипеткой (с отпиленным и оплавленным концом) объемом 2 см³ с резиновой грушей.

Помещают рачков по одному на сачок, через который вода сливается в отдельный химический стакан, после чего дафний сачком вносят в пробирки с исследуемой водой.

Посадку рачков начинают с контрольной серии. В исследуемые растворы дафний помещают, начиная с больших разбавлений (меньших концентраций загрязняющих веществ) к меньшим разбавлениям. После каждой посадки в исследуемые растворы сачок тщательно промывают в сосуде объемом 2 дм³ с культивационной водой. Для работы с серией контроля должен быть отдельный сачок.

Для каждой серии исследуемой воды используют 3 пробирки. Общее количество пробирок, используемых в опытах, равно утроенной сумме всех разбавлений плюс 3 для исходной воды и 3 для контроля.

В экспериментах по определению острой токсичности дафний кормят только перед началом эксперимента до отсадки рачков в пробирки с тестируемой водой. Во время опыта корм в пробирки с тестируемой водой не добавляют.

Пробирки с пробами воды и тест-организмами помещают во вращающуюся кассету устройства для экспонирования рачков УЭР-02 (03). Благодаря вращению

кассеты происходит непрерывная и одинаковая аэрация всех тестируемых проб. При этом выбранная скорость вращения (6-8 оборотов в минуту) не создает стрессовой ситуации для самих рачков.

Учет смертности дафний в опыте и контроле проводят каждые 24 ч. Опыт прекращают, если в течение 24 ч во всех вариантах (разбавлениях тестируемой воды) наблюдается гибель более 50% рачков. Неподвижные особи считаются погибшими, если не начинают двигаться в течение 15 с после легкого покачивания пробирки.

В экспериментах по определению острой токсичности растворы не меняют.

Результаты наблюдений заносят в тетрадь. Если наблюдается гибель дафний в контроле, результаты опыта не учитывают, и он должен быть повторен.

После того, как результаты эксперимента учтены, в каждой пробирке проводят измерения pH. Температура в пробирках должна соответствовать 20 ± 2 °C, а pH 7,0-8,2. Все отклонения от установленных норм, а также данные по каждой серии разбавлений, исходной воды и контролю также заносят в рабочий журнал и протокол результатов эксперимента.

7.3 Оценка результатов токсикологического анализа

При определении острой токсичности питьевых, сточных, поверхностных, грунтовых вод и их разбавлений устанавливают:

- среднюю летальную кратность разбавления вод, водных вытяжек,
- вызывающую гибель 50% тест-объектов за 48-часовую экспозицию (ЛКР50-48);
- безвредную кратность разбавления вод, водных вытяжек, вызывающую гибель не более 10% тест-объектов за 48-часовую экспозицию (БКР10-48).

Для определения острой токсичности исследуемых вод, водной вытяжки рассчитывается процент погибших в тестируемой воде дафний (A , %) по сравнению с контролем (7):

$$A = \frac{X_K - X_T}{X_K}, \quad (7)$$

где X_K – количество выживших дафний в контроле;

X_T – количество выживших дафний в тестируемой воде.

При $A \leq 10\%$ тестируемая вода или водная вытяжка не оказывает острого токсического действия. Процент погибших рачков используется для расчета безвредной кратности разбавления тестируемых вод. При $A \geq 50\%$ проба воды оказывает острое токсическое действие. Этой величиной руководствуются при определении средней летальной кратности разбавления тестируемых вод, например, при установлении класса опасности отходов.

Если экспериментально не удалось получить точного значения кратности разбавления, вызывающей 50%-ю гибель дафний за 48 ч экспозиции, то для получения значения ЛКР₅₀₋₄₈ без выполнения дополнительных экспериментов используется графический метод определения.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основан метод биотестирования воды?
2. Опишите последовательность проведения процедуры биотестирования воды.
3. Как оценивается результат токсикологического анализа?

8. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ, УЛУЧШЕНИЯ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Стандартизация качества воды, используемой для поения с.-х. животных и нужд животноводства, – одно из важнейших мероприятий (приложение 4-6).

Очистка воды направлена на улучшение ее органолептических, физических, химических и биологических свойств. Для этого оборудуют соответствующие сооружения. Очистка включает осветление и обесцвечивание воды с помощью коагулирования, отстаивания и фильтрации.

Коагулирование – процесс укрупнения мельчайших коллоидных частиц, происходящий под действием сил молекулярного сцепления. В результате коагуляции образуются хлопья. Коагулирование воды при ее осветлении и обесцвечивании осуществляют для интенсификации процессов осаждения и фильтрования. В качестве коагулянта применяют серно-кислый глинозем, который содержит около 33% обезвоженного сульфата алюминия, а также оксихлорид алюминия и алюминат натрия. Доза коагулянта может быть различной (от 30 до 200-300 мг/л воды) в зависимости от pH воды, наличия бикарбонатов, гуминовых веществ, характера взвеси, мутности. Коагулянт добавляют в воду в виде порошка или 2-5%-го водного раствора.

Отстаивание – процесс осветления воды осаждением присутствующих в ней взвешенных примесей. Для осаждения взвеси осветляемую воду пропускают с малой скоростью через специальные отстойники, которые могут быть естественными (озера) и искусственными (горизонтальными, вертикальными и радиальными).

Горизонтальные отстойники – прямоугольные железобетонные резервуары, в которых вода движется в горизонтальном направлении от одного торца к другому.

Вертикальные отстойники – круглые или квадратные железобетонные резервуары, в которых вода движется сверху вниз. Осадок из вертикальных отстойников удаляют, не выключая их из работы.

Радиальные отстойники – круглые железобетонные неглубокие резервуары. Вода в них движется от центра к периферии, проходя через специальные распределительные устройства в радиальном направлении к периферийному сборному желобу, из которого отводится по трубам.

Осадок удаляется при помощи вращающейся фермы со скребками, которые сгребают осадок к приемку в центре отстойника, откуда он удаляется по трубе для сбора.

Фильтрация. После коагуляции, отстаивания и осветления в воде могут оставаться мелкие хлопья, не осевшие в отстойниках, и мелкие частицы, взвешенные в воде. Для дальнейшей очистки воды применяют фильтрацию в специальных установках – фильтрах, в которых основным фильтрующим материалом является песок.

При местном водоснабжении для обеспечения ферм водой чаще применяют **медленные фильтры**, представляющие собой открытые или подземные резервуары из водонепроницаемого материала. На дно резервуара последовательно укладывают булыжник или щебень, крупный гравий и слой крупного песка. Толщина подстилающего слоя (булыжник, гравий) составляет 0,6-0,9 м, а фильтрующего слоя – 0,8-1,2 м. Для стока профильтрованной воды на дне резервуара прокладывают каналы из кирпича или гончарных труб. В процессе фильтрации на поверхности фильтра образуется так называемая биологическая пленка, состоящая из мелких частиц, взвешенных в фильтрующейся воде, планктона и бактерий, благодаря чему на поверхности фильтра задерживается мелкая взвесь, за счет чего значительно повышается плотность фильтрации.

С течением времени биологическая пленка уплотняется, увеличивается сопротивление фильтра, поэтому фильтры периодически очищают. Один раз в 1,5-2 мес вручную (скребками) снимают 2-3 см верхнего слоя песка и на некоторое время фильтр выключают из работы, затем, после образования новой пленки, фильтрат направляют в сборник для чистой воды.

В практике хозяйственно-питьевого водоснабжения применяют специальные методы обработки воды с целью коррекции ее солевого состава и улучшения

вкусовых и биологических качеств. При помощи реагентного и термического методов проводят **смягчение воды** – полное или частичное удаление из воды катионов кальция и магния.

Реагентные методы основаны на обработке воды веществами, образующими с ионами кальция и магния практически нерастворимые соединения, выпадающие в осадок: CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ и др.

Чаще всего для смягчения воды с высокой карбонатной жесткостью применяют известкование (в воду добавляют гашеную известь).

Фторирование воды применяют в зонах, где отмечается недостаток микроэлемента фтора. При обработке воды добиваются содержания фтора в пределах 0,7-1,5 мг/л.

Обеззараживание воды можно проводить одним из методов: термическим, сильными окислителями, физическим (безреагентным).

Хлорирование воды на крупных водопроводных станциях проводят жидким (газообразным) хлором, а на малых – хлорной известью. Газообразный хлор поступает в стальных специальных баллонах под давлением до 0,8 МПа. Из баллона хлор подают в хлораторы, в которых его смешивают с некоторым количеством воды. Полученная хлорная вода поступает для обработки воды.

При использовании хлорной извести для обеззараживания воды содержание в ней активного хлора должно составлять не менее 25%. Раствор хлорной извести применяют в концентрации 1-2%. Время контакта воды и раствора должно составлять не менее 45-60 мин. В воде, используемой для поения животных, свободного остаточного хлора должно быть не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л.

Хлорировать воду в колодцах, цистернах и других емкостях можно с помощью дозирующих патронов, изготовленных из пористой керамики. Емкость патрона 0,25; 0,5 и 1 л. Внутри патрона помещают соответственно 150, 300 и 600 г хлорной извести и добавляют 100-300 мл воды. Содержимое патрона перемешивают до образования однородной кашицы, затем его закрывают пробкой и на проволоке погружают в воду на расстоянии 20-50 см от дна. Длительность действия патрона 20-30 сут. Патроны используют многократно.

Кипячение – наиболее простой и надежный способ обеззараживания небольшого количества воды.

Для обеззараживания воды **с помощью УФ-лучей** используют ртутно-кварцевые лампы высокого давления марок типа ПРК, БУВ-60, установки погружного и непогружного источника бактерицидного облучения. Бактерицидное облучение во много раз эффективнее, чем хлорирование. При этом не изменяются вкусовые и химические свойства воды. Наибольшим бактерицидным действием обладают УФ-лучи при длине волны 200-250 нм.

Озонирование. Озон (O_3) является сильным окислителем, успешно применяемым для уничтожения бактерий, спор и вирусов. Одновременно озон обесцвечивает воду и устраняет неприятные запахи и привкусы. Обеззараживающее действие озона обусловлено мягкостью отдачи им активного атома кислорода. Озон действует быстрее, чем хлор. Для обеззараживания фильтрованной воды доза озона составляет 1-3 мг/л, для подземных вод – 0,75-1,0 мг/л. Для обесцвечивания воды дозу увеличивают до 4 мг/л. Время контакта воды с озоном 5-10 мин. Эффект обеззараживания озоном составляет в среднем 99,8%.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие методы используются для улучшения качества воды?
2. Назовите способы очистки и обеззараживания воды.
3. Что такое дехлорирование воды?

9. САНИТАРНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ СОБСТВЕННОГО АНАЛИЗА)

I. Результаты санитарно-топографического обследования водоисточника.

1. Тип водоисточника (колодец, пруд, река, родник и др.).
2. Время сооружения, размер, глубина.
3. Способ забора воды, водоподъемные сооружения, перекрытия.
4. Где и как расположен водоисточник (область, район, село, во дворе, на пастбище, на возвышенности или в низине, в отдаленности от строения и источника загрязнения воды).
5. Благоустройство поверхности вокруг водоисточника и санитарное состояние водозаборных сооружений.

II. Результаты исследований физических свойств воды.

1. Температура.
2. Цвет.
3. Прозрачность.
4. Запах.
5. Вкус.

III. Химический состав воды.

1. Реакция воды (рН).
2. Азотосодержащие вещества (аммиак, нитриты, нитраты).
3. Окисляемость.
4. Сульфаты.
5. Хлориды.
6. Жесткость.

IV. Общее микробное число (ОМЧ), коли-титр и коли-индекс воды.

1. Наличие цист лямблий.
2. Наличие колифага.

V. Заключение о пригодности воды для питьевых целей и меры по ее улучшению.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочиш И.И. Зоогигиена: учебник / И.И. Кочиш, Н.С. Калюжный, Л.А. Волчкова, В.В. Нестеров. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 464 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211319>
2. Практикум по зоогигиене: учебное пособие / И.И. Кочиш, П.Н. Виноградов, Л.А. Волчкова, В.В. Нестеров. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-1272-3. – Текст: электронный // Лань: ЭБС. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212183>
3. Чикалёв А.И. Зоогигиена: учебник / А.И. Чикалёв, Ю.А. Юлдашбаев. – Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2018. – 248 с. – Текст: электронный. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/899563>
4. Гигиена содержания животных: учебник / А.Ф. Кузнецов, В.Г. Тюрин, В.Г. Семенов [и др.]; под редакцией А.Ф. Кузнецова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 380 с. – ISBN 978-5-8114-5279-8. – Текст: электронный // Лань: ЭБС. – URL: <https://e.lanbook.com/book/139267>
5. Коротаева О.С. Контроль за состоянием микроклимата в животноводческих помещениях: учебное пособие / О.С. Коротаева. – 2-е изд. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. – 104 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/112347>
6. Ветеринарная гигиена и санитария на животноводческих фермах и комплексах: учебное пособие для вузов / А.Ф. Кузнецов, В.Г. Тюрин, В.Г. Семенов [и др.]. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 424 с. – ISBN 978-5-8114-8227-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/173147>

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ

1. Федеральный закон от 30.03.1999. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (см. посл. редакцию).
2. Федеральный закон №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (см. посл. редакцию).
3. Постановление Правительства РФ от 24.07.2000. № 554 «Об утверждении Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании» (см. посл. редакцию).
4. Федеральный закон «Водный кодекс РФ». №74-ФЗ от 03.06.2006 (см. посл. редакцию).
5. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
6. СанПин 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
7. СП 1.2.731-99. Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности и гельминтами.
8. МУ 2.1.4.1057-01. Организация внутреннего контроля качества санитарно-микробиологических исследований воды.
9. МУК 4.2.1018-01. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды.
10. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.
11. ГОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб (Принят. Дата введения в действие: 01.01.2023).
12. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.
13. ГОСТ 17.1.5.02.-80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические тре-

бования к зонам рекреации водных объектов.

14. Методические рекомендации 4.2.0220-20. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды. Методические рекомендации" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 04.12.2020)

15. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

16. 4.2.2410-08 Методические указания. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Организация и проведение вирусологических исследований материалов от больных полиомиелитом, с подозрением на это заболевание, с синдромом острого вялого паралича (ОВП): Методические указания. – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с.

17. СанПин 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – Москва, 2002.

18. Методические указания 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитический анализ воды поверхностных водных объектов. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. – Москва, 2004.

19. 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий". – Москва, 2021.

20. МУК 4.2.964-00. Санитарно-паразитологическое исследование воды хозяйственного и питьевого назначения.

21. ГОСТ 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.

22. ЕС-директива 98/83 ЕС. По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком.

23. МУК 4.2.1174-02. Использование модельных тестов цист лямблий и ооцист криптоспоридий для гигиенической оценки эффективности водоочистки.

24. МУК 4.2.735-99. Паразитологические методы лабораторной диагностики гельминтозов и протозоозов.

Органолептическая оценка воды

Интенсивность	Характер проявления	Оценка интенсивности, баллов
<i>Запах</i>		
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании	1
Слабая	Запах замечается потребителем, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечается	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5
<i>Вкус</i>		
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Вкус и привкус не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при лабораторном исследовании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются потребителем	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильны, что делают воду непригодной к употреблению	5

Шкала оценки запахов

Символ	Характер запаха	Приблизительный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый
Г	Гнилостный	Фекальный, стоковый
Д	Древесный	Мокрой стружки, коры
З	Землистый	Прелый, свежеспаханной земли
П	Плесневый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Рыбьего жира, рыбный
С	Сероводородный	Тухлых яиц
Т	Травяной	Скошенной травы, сена
Н	Неопределенный	Природного происхождения, который не подходит под предыдущие определения

Определение азотсодержащих веществ в воде
по интенсивности окрашивания

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху	Содержание, мг/л
<i>Аммонийный азот</i>		
Нет	Нет	Менее 0,04
Нет	Чрезвычайно слабо-желтоватое	0,08
Чрезвычайно слабо-желтоватое	Слабо-желтоватое	0,2
Очень слабожелтое	Желтоватое	0,4
Слабо-желтоватое	Светло-желтое	0,8
Светло-желтоватое	Желтое	2,0
Желтоватое	Интенсивно буровато-желтое	4,0
Мутноватое, резко-желтое	Бурое, раствор мутный	8,0
Раствор мутный	Бурое, раствор мутный	20,0
<i>Азот нитритов</i>		
Нет	Нет	Менее 0,001
Едва заметное розовое	Чрезвычайно слабо-розовое	0,002
Очень слабо-розовое	Слабо-розовое	0,004
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,02
Светло-розовое	Розовое	0,04
Розовое	Сильно-розовое	0,07
Сильно-розовое	Красное	0,2
Красное	Ярко-красное	0,4

Определение азота нитратов
по интенсивности окрашивания

Окрашивание при наблюдении сбоку	Содержание азота нитратов, мг/л
Уловимо только при сравнении с контролем	0,5
Едва заметное желтоватое	1
Очень слабо-желтоватое	3
Слабо-желтоватое	5
Слабо-желтое	10
Светло-желтое	25
Желтое	50
Сильно желтое	100

Нормативы химического состава питьевой воды

Показатель и содержание химических элементов	По ГОСТу	По европейскому стандарту
Запах при температуре 20 и 60 °С, баллов, не более	2	–
Вкус и привкус при температуре 20 °С, баллов, не более	2	–
Цветность, ЕИЦ*	20	–
Мутность по стандартной шкале, не более	1,5 мг/дм ³	4 НЕМ**
Водородный показатель (рН)	6,0...9,0	6,5...8,5
Сухой остаток, мг/дм ³ , не более	1000	1500
Аммоний, мг/дм ³ , не более	–	0,5
Хлориды, мг/дм ³ , не более	350	250
Сульфаты, мг/дм ³ , не более	500	250
Железо общее, мг/дм ³ , не более	0,3	0,3
Марганец, мг/дм ³ , не более	0,1	–
Медь, мг/дм ³ , не более	1,0	–
Цинк, мг/дм ³ , не более	5,0	5,0
Остаточный алюминий, мг/дм ³ , не более	0,5	0,2
Полифосфаты остаточные, мг/дм ³	< 3,5	–
Общая жесткость, мг-экв/дм ³ , не более	7,0	–
Бериллий, мг/дм ³ , не более	0,0002	–
Молибден, мг/дм ³ , не более	0,25	–
Мышьяк, мг/дм ³ , не более	0,05	0,05
Нитраты, мг/дм ³ , не более	45,0	50
Нитриты, мг/дм ³ , не более	–	0,1
Свинец, мг/дм ³ , не более	–	0,05
Селен, мг/дм ³ , не более	0,001	0,01
Стронций, мг/дм ³ , не более	7,0	–
Фтор, мг/дм ³ , не более	1,5	1,5
Хлор свободный, мг/дм ³ , не более	0,3...0,5	–
Хлор связанный, мг/дм ³ , не более	0,8...1,2	–
Цианиды, мг/дм ³ , не более	–	0,05

*ЕИЦ – единицы интенсивности цвета.

**НЕМ – нефелометрические единицы мутности.

**Нормативы предельного содержания минеральных
веществ в воде для поения животных**

Вид животных	Минеральный состав воды, мг/л			Общая жесткость, мг-экв/дм ³
	сухой остаток	хлориды	сульфаты	
Крупный рогатый скот				
Взрослые животные	<u>800</u>	<u>120</u>	<u>250</u>	<u>10</u>
	2400	600	800	18
Телята и ремонтный молодняк	<u>600</u>	<u>100</u>	<u>200</u>	<u>10</u>
	1800	400	600	14
Овцы				
Взрослые животные	<u>1000</u>	<u>700</u>	<u>800</u>	<u>24</u>
	5000	2000	2400	45
Ягнята и ремонтный молодняк	<u>300</u>	<u>500</u>	<u>600</u>	<u>20</u>
	3000	1500	1700	30
Свины				
Взрослые животные	<u>600</u>	<u>100</u>	<u>200</u>	<u>8</u>
	1200	400	600	14
Поросята и ремонтный молодняк	<u>500</u>	<u>100</u>	<u>180</u>	<u>8</u>
	1000	300	500	12
Лошади				
Взрослые животные	<u>500</u>	<u>100</u>	<u>150</u>	<u>10</u>
	1000	400	400	15
Жеребята и ремонтный молодняк	<u>400</u>	<u>80</u>	<u>120</u>	<u>10</u>
	800	300	350	12

Примечание. В числителе даны рекомендуемые значения, в знаменателе – предельно допустимые.

Нормы потребления воды на одно животное, л/сут

Вид и группа животных	Всего	В том числе на поение
<i>Крупный рогатый скот</i>		
Коровы молочные	100	85
Коровы мясные	70	70
Быки и нетели	60	55
Молодняк до 6 мес	20	18
старше 6 мес	30	28
<i>Свиньи</i>		
Хряки-производители	25	10
Матки супоросные и холостые	25	12
Матки подсосные с приплодом	60	20
Отъемыши	5	2
Ремонтный молодняк	15	6
На откорме	15	6
<i>Овцы</i>		
Взрослые (бараны, матки, валухи)	8	6
Молодняк после отбивки	4	3
Ягнята при искусственном выращивании	3	2
<i>Лошади</i>		
Жеребцы-производители	70	45
Кобылы с жеребятами	80	65
Кобылы, меринки и молодняк старше 1,5 года	60	50
Молодняк до 1,5 года	45	35
<i>Звери</i>		
Кролики, норки, соболи	3	3
Лисы, песцы	7	7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	6
1.1 Значение воды в животноводстве.....	6
1.2 Водные объекты РФ и их классификация.....	11
1.3 Экологическое состояние и загрязнение водных объектов	20
1.4 Самоочищение воды	23
2. ГИГИЕНА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ПОЕНИЯ С.-Х ЖИВОТНЫХ	26
2.1 Физические свойства воды.....	27
2.2 Химические показатели природных вод	26
2.3 Биологические и микробиологические факторы воды	29
2.4 Системы водоснабжения	39
2.5 Гигиена поения животных	40
2.6 Нормативы водопотребления	41
3. ПАСПОРТИЗАЦИЯ И САНИТАРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОДОИСТОЧНИКА.....	43
4. ВЗЯТИЕ ПРОБЫ ВОДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	44
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ	45
6. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ	49
6.1 Определение реакции воды (рН)	49
6.2 Определение окисляемости.....	52
6.3 Определение жесткости.....	54
6.4 Определение хлоридов	56
6.5 Определение сульфатов.....	55
6.6 Определение азотсодержащих веществ.....	56
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ ПО СМЕРТНОСТИ ДАФНИЙ (<i>Daphnia magna</i> Straus).....	60
7.1 Методика проведения исследования.....	61
7.2 Процедура биотестирования.....	66
7.3 Оценка результатов токсикологического анализа	68
8. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ, УЛУЧШЕНИЯ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	69
9. САНИТАРНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ СОБСТВЕННОГО АНАЛИЗА).....	71
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	72
НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЯ	76

Пермяков Александр Александрович
Котомина Гульнара Ахметовна
Тян Елена Александровна
Литвина Лидия Алексеевна

ЗООГИГИЕНА.
ВОДА: ВОДОИСТОЧНИКИ, ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ
МЕТОДЫ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие

Печатается в авторской редакции
Оператор электронной верстки Е.А. Тян

Подписано в печать _____ г.
Формат 60×84 1 /16. Объем ____ уч.-изд. л., 5,1 усл. печ. л.
Тираж ____ экз. Изд.№ ____ . Заказ № ____ .

Отпечатано в Издательском центре «Золотой колос»
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, офис 106
Тел. факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru