

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕДИЦИНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра гигиены

**Р.О. Касимова, К.Т. Омуралиев**

**ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ  
ЗА СОСТОЯНИЕМ  
ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ**

*Посвящается 20-летию  
Медицинского факультета КРСУ*

Бишкек 2014

УДК 613(075.8)  
К 28

Рецензенты:

*А.Д. Джумабаев* – канд. мед. наук, доцент,  
*С.С. Борсокбаева* – канд. мед. наук, доцент

Авторы: Касымова Р.О. (глава 1), Омуралиев К.Т. (глава 2).

Под ред. д-ра мед. наук, проф. *Ю.И. Мануйленко*

Рекомендовано к изданию кафедрой гигиены КРСУ

**Касымова Р.О., Омуралиев К.Т.**

**К 28 ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ:** учебн. пособие. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. 132 с.

Учебное пособие предназначено студентам лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов, изучающим гигиену, для внеаудиторной подготовки к практическим занятиям по разделам «Гигиена воздушной среды» и «Гигиенические требования к качеству питьевого водоснабжения».

© ГОУВПО КРСУ, 2014

## ВВЕДЕНИЕ

*Атмосферный воздух* – это среда, постоянно окружающая человека, удовлетворяющая его первейшие жизненные потребности. Роль воздуха в возникновении и лечении болезней подчеркивал еще Гиппократ. Ф.Ф. Эрисман отмечал, что любые изменения физических или химических свойств воздуха отражаются на самочувствии человека, или нарушают гармоническое равновесие организма, т. е. здоровья.

Гигиеническая роль воздушной среды для человека заключается в следующем: воздух доставляет организму кислород, углекислый газ и другие соединения, обеспечивает терморегуляцию. Через воздух в организм проникают солнечные лучи

В составе воздушной среды содержатся атмосферные газы, важнейшими из которых являются: кислород – 21 %, углекислый газ – 0,03 %, азот – 78 %, а также инертные и вредные газы. На высоте 20–25 км находится тонкий озоновый слой, защищающий землю от ультрафиолетовых лучей. Воздух – резервуар вредных газов, взвешенных веществ и микробов, действующих на человека. Следует отметить, что воздействие на организм человека факторов воздушной среды происходит комплексно.

В первой главе рассматривается воздействие на здоровье человека физических факторов: температуры, влажности скорости движения воздуха, атмосферного давления, ионизации, солнечной радиации и методы их оценки с помощью специальных приборов и методов, с учетом принципов их нормирования в жилых помещениях и помещениях лечебно-профилактических учреждений.

Измерение физических параметров воздушной среды осуществляется специальными приборами: температуры – с помощью термометров, влажность – психрометрами и гигрометрами, скорость движения воздуха – анемометрами (в атмосфере) и кататермометрами (в жилище), атмосферного давления – барометром и т. д.

Во второй главе рассматривается водная оболочка земли – гидросфера. Земной шар на 71 % покрыт водой. Вода также содер-

жится в воздухе и в недрах земли. Питьевая вода составляет лишь 2,5 % от всей воды, находящейся на Земле, причем 85 % запасов пресной воды находится в ледниках.

По значимости вода для человека является вторым основным фактором внешней среды после воздуха. Согласно теории А.И. Опарина жизнь на планете зародилась в водной среде и все биохимические процессы в живых организмах протекают на водной основе. Вода является универсальным носителем и растворителем различных веществ. Она входит в состав всех биологических тканей человека и составляет 60–70 % его массы. Потеря 20–22 % жидкости приводит к смерти. В течение всей жизни происходит постоянное потребление, возмещение и выделение воды из организма с растворёнными в ней продуктами жизнедеятельности. Дневное потребление и потеря воды взрослым человеком составляет 2,5–3 литра. При тяжёлой физической работе, в жаркое время года потеря и потребление воды увеличивается до 5–6 литров. Велико значение воды в терморегуляции организма. При испарении пота с поверхности кожи человек теряет до 30 % тепловой энергии. Значительно больше воды расходуется на гигиенические, хозяйственно-бытовые и производственные нужды. По количеству воды, потребляемой населением, можно судить о его санитарной культуре. Эпидемиологическое значение воды обусловлено тем, что она является одним из важнейших путей распространения инфекционных заболеваний. Водным путём передаются холера, брюшной тиф, паратифы, дизентерия, вирусные гепатиты и многие другие заболевания. Кроме патогенных микробов с водой в организм человека могут проникать различные химические вещества.

Гигиеническая оценка качества питьевой воды дается на основании органолептических, бактериологических и химических исследований в лабораториях, осуществляющих контроль за качеством воды, подаваемой населению, с учетом требований Технического регламента «О безопасности питьевой воды». В данном пособии приведены все имеющиеся методы гигиенической оценки качества воды и ее безопасности для населения.

## **ГЛАВА 1. ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ЕСТЕСТВЕННЫМ И ИСКУССТВЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ И СОСТОЯНИЕМ, ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

### **1. Основы гигиенической оценки состояния воздушной среды**

#### **1.1. Гигиеническое значение и методы оценки естественной и искусственной освещенности**

Оптический диапазон электромагнитного излучения Солнца, достигающий границ земной атмосферы, составляет (от 100 до 60000 нм), включает три вида излучений солнечного спектра: ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное, так как с изменением длины электромагнитных волн изменяются свойства лучистой энергии.

##### ***Естественное освещение***

Естественное освещение помещений осуществляется за счет прямых солнечных лучей (инсоляции), рассеянным светом с небосвода и отраженным светом от противостоящих зданий и внутренней поверхности помещений. Отсутствие естественного света вызывает явление «светового голодания», т. е. состояние организма, обусловленное дефицитом ультрафиолетового облучения и проявляющееся в нарушении обмена веществ, снижении резистентности организма и т. д. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.

##### ***Факторы, влияющие на естественную освещенность***

На уровень естественного освещения помещений влияет географическая широта местности, световой климат, степень прозрачности атмосферы, отражающие особенности окружающих предметов, ориентация зданий по сторонам света, наличие затенения окон противостоящим зданием, которое в свою очередь зависит от расстояния между домами, высоты и цвета окраски стен, мебели, а также близости зеленых насаждений. Большое значение имеет величина оконных проемов, их форма и расположение.

Все эти факторы определяют продолжительность и интенсивность освещения помещения прямыми солнечными лучами, т.е. инсоляционный режим помещений.

## 1.2. Ультрафиолетовая радиация ее виды и влияние на здоровье человека

УФ-излучение Солнца в диапазоне от 10 до 200 нм полностью расходуется на образование ионосферы на высоте 50–80 км от поверхности Земли. *Коротковолновое* УФ-излучение в диапазоне 200–280 нм, оказывающее выраженное *бактерицидное* действие, не достигает поверхности земли; большая его часть расходуется на образование озонового слоя в стратосфере на высоте 20–25 км, остальная часть поглощается кислородом тропосферы. *Средневолновое* УФ-излучение в диапазоне 280–320 нм (УФ-В) является наиболее биологически активным из всего диапазона, вызывает так называемую раннюю пигментацию кожного покрова за счет образования пигмента меланина из аминокислоты тирозина. Это обуславливает эффект загара, а при достаточной дозе – эритему, являющуюся специфической реакцией кожи на УФ(В)-излучение, влияет на поддержание нормального фосфорно-кальциевого обмена за счет синтеза холекальциферола (витамина Д<sub>3</sub>) из дегидрохолестерина. Без эндогенного синтеза витамина Д<sub>3</sub> его дефицит наблюдается даже при условии достаточного рациона питания, особенно у детей. В районах, характеризующихся недостатком УФ-излучения, необходима организация профилактического УФ-облучения с помощью искусственных источников в организованных коллективах повышенного риска (детские дошкольные учреждения, некоторые рабочие коллективы – горняков, работников метро). Количество УФ-облучения, вызывающего едва заметное покраснение кожи незагорелого человека, через 6–10 ч называется *эритемной или пороговой дозой*. Оптимальная доза УФ-излучения равна 1/3–1/6 эритемной дозы. Но при передозировке УФ-лучи могут оказывать негативное воздействие на человека в виде повреждения структуры молекулы ДНК, что может привести к гибели, мутациям или опухолевому перерождению клеток. УФ-излучение с длиной волны 240–313 нм обладает бластомогенным

действием. В промышленных городах, особенно зимой, УФ-излучение Солнца полностью поглощается техногенными компонентами загрязненного городского воздуха (например, оксидами азота) и не поступает в помещения. В помещения может поступать лишь незначительная часть УФИ с длиной волны 300–400 нм, так как УФИ короче 300 нм задерживается обычным оконным стеклом, содержащим в своем составе оксиды титана, хрома и железа. Специальные увиолетовые стекла пропускают УФ-лучи с длиной волны до 254,4 нм. *Длинноволновое* УФ-излучение в диапазоне 400–320 нм (УФ-А), достигающее поверхности земли оказывает непосредственное воздействие на природу земли и человека. Кроме того, под действием УФ-лучей, отраженных от освещенной солнцем поверхности снега или льда, может развиться *офтальмия – кератоконъюнктивит*.

## 1.3. Видимые электромагнитные излучения

Видимые электромагнитные излучения – ЭМИ с длиной волны от 380 до 760 нм, воздействуя на зрительный анализатор (фоточувствительные клетки глаза), способствуют преобразованию энергии света, в результате чего организм получает до 90 % информации об окружающей среде (психофизиологическое значение света). Зрительный анализатор регулирует биологические ритмы за счет выработки гормона мелатонина, который контролирует суточные ритмы: сна, бодрствования, температуру тела, гормональную секрецию и другие физиологические функции. Солнечный свет необходим человеку для выполнения зрительной работы (*социальное значение света*). При недостатке солнечного света в осенне-зимний сезон у некоторых людей развивается так называемый *синдром сезонного расстройства*, характеризующийся депрессией, повышенным аппетитом или упадком сил, потребностью в сне, желанием замкнуться в себе.

## 1.4. Инфракрасное тепловое излучение

Инфракрасное тепловое излучение Солнца. ИК-лучи с длиной волны более 760 нм, поглощаясь тканями организма, вызывают повышение температуры участков кожи и образование тепловой эритемы. В условиях населенных мест и тем более жилища ИК-

лучи не оказывают выраженного специфического биологического действия, однако в условиях южной зоны или при неудачной ориентации здания, расположенного в жарком климате, периодически могут наблюдаться нарушения микроклимата в помещениях в результате его избыточной инсоляции в летнее время года. Поэтому в санитарных правилах (*СанПиН 2.2.1/2,1.1.1076–01*) предусмотрены солнцезащитные приспособления. Для поддержания благоприятного микроклимата в помещении используются искусственные источники инфракрасного излучения – разнообразные приборы и системы отопления, а в лечебных целях применяются ИК-ванна, лампа Соллюкс, лампа Минина.

Гигиенические нормативы инсоляции дифференцированы по широте местности в определенные периоды года, для которых регламентировано нормативное время инсоляции не менее 1,5 ч по *СанПиН 2.2.1/2,1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий»*: для северной зоны (севернее 58° северной широты) с 22 апреля по 22 августа не менее 2,5 ч; для центральной зоны (58–48° северной широты) с 22 марта по 22 сентября не менее 2 ч; для южной зоны (южнее 48° северной широты) с 22 февраля по 22 октября (таблица 1.1)

Различают три основных типа инсоляционного режима (таблица 1.1), а также различные варианты их сочетаний. Например, по продолжительности инсоляции режим может быть умеренным, а по температурным параметрам – максимальным.

Инсоляционный режим необходимо учитывать при ориентации помещений различного функционального назначения. Ориентация окон в северных широтах на южную сторону обеспечивает более высокие уровни освещенности и длительную инсоляцию по сравнению с северным направлением. В средних и южных широтах для жилых, учебных зданий и основных производственных помещений ЛПУ и аптек (*асептический блок, ассистентская, комната провизора-аналитика, расфасовочная, кабинет управляющего*) наилучшей ориентацией, обеспечивающей достаточную освещенность и инсоляцию помещений без перегрева, является южная и юго-восточная, восточная

Таблица 1.1 – Типы инсоляционного режима помещений умеренной климатической зоны северного полушария

Инсоляционный режим	Ориентация по сторонам света	Время инсоляции, (ч)	Величины инсолируемой площади пола в %	Тепловая радиация	
				кДж/м <sup>2</sup>	ккал/м <sup>2</sup>
Максимальный	ЮВ, ЮЗ	5–6	80	3300	550
Умеренный	Ю, В	3–5	40–50	2100–300	500–550
Минимальный	СВ, СЗ	<3	30	2100	500



Таблица 1.2 – Гигиеническая классификация продолжительности инсоляции

Время инсоляции	Гигиеническая оценка	Характеристика эффектов
От 0 до 50 мин	Выраженная недостаточность инсоляции	Низкий бактерицидный эффект, негативная психофизиологическая реакция (жалобы на недостаточность инсоляции в 80 % случаев)
От 50 мин до 1,5 ч	Недостаточность инсоляции	Выраженный бактерицидный эффект, негативная психофизиологическая реакция (жалобы на недостаточность инсоляции в 50 % случаев)
От 1,5 до 2,5 ч	Достаточная инсоляция (зона комфорта)	Высокий бактерицидный эффект, позитивная психофизиологическая реакция (жалоб нет)
Более 2,5 ч	Избыточная инсоляция	Негативная психофизиологическая реакция (жалобы на перегрев более чем в 50 % случаев)

ориентация помещений. Это способствует в определенной мере санации воздуха, происходящей за счет бактерицидной энергии, проникновения и воздействия солнечных лучей, которых достаточно для оздоровления внутренней среды помещения в обычных условиях (таблица 1.2).

На *север, северо-запад, северо-восток* следует ориентировать помещения, в которых не требуется высокая инсоляция или необходимо предупредить действие прямых солнечных лучей. Это *операционные, реанимационные, перевязочные, процедурные кабинеты, вспомогательные помещения ЛПУ и аптек, материальные помещения, моечная, дистилляционно-стерилизационная, помещения больниц и пищеблока*, кабинеты черчения, рисования, информатики и физкультурные залы детских и учебных учреждений, кухни жилых зданий. Эта ориентация обеспечивает равномерное естественное освещение помещений и исключает перегрев. Западная ориентация обуславливает перегрев помещений летом, особенно в условиях жаркого климата и недостаток солнечной инсоляции зимой.

В зависимости от места расположения световых проемов естественное освещение подразделяется на боковое (через окна), верхнее (через световые фонари) и комбинированное (верхнее и боковое).

### 1.5. Методы оценки естественной и искусственной освещенности

Для гигиенической оценки естественного освещения используются *светотехнический и геометрический (графический)* методы исследования. С помощью светотехнического метода определяют *коэффициент естественной освещенности (КЕО). Коэффициент естественной освещенности* показывает в процентах, какую часть составляет естественная освещенность, создаваемая дневным светом неба (непосредственным или после отражения) на рабочем месте внутри помещения, к одновременному значению естественной освещенности на горизонтальной поверхности вне здания под открытым небом.

Для определения уровней освещенности применяются фотоэлектрические люксметры с селеновым фотоэлементом и системой светофильтров. Механизм действия люксметра основан на преобразовании энергии светового потока в электрическую. Воспринимающая часть прибора – селеновый фотоэлемент соединен с гальванометром, шкала которого отградуирована в люксах. Световой поток, падающий на фотоэлемент, преобразуется в нем в электрический ток, который регистрируется гальванометром. Люксметры разных типов имеют 1, 2 или 3 шкалы для измерения освещенности в трех диапазонах: от 0 до 25 лк, от 0 до 100 лк и от 0 до 500 лк, а также и набор светофильтров, что позволяет измерять освещенность в большом диапазоне (от 0,5–1 до 30–50 тыс. люкс).

Величины КЕО нормируются в помещениях в зависимости от функционального назначения. Диапазон величин КЕО для жилых помещений колеблется от 0,5 до 3 %.

С помощью геометрического метода определяются *световой коэффициент (СК), коэффициент заглубления (КЗ), угол падения и угол отверстия*.

*Световой коэффициент* выражает отношение площади световой (остекленной) поверхности окон, принимаемой за единицу, к площади пола помещения. Для расчета светового коэффициен-

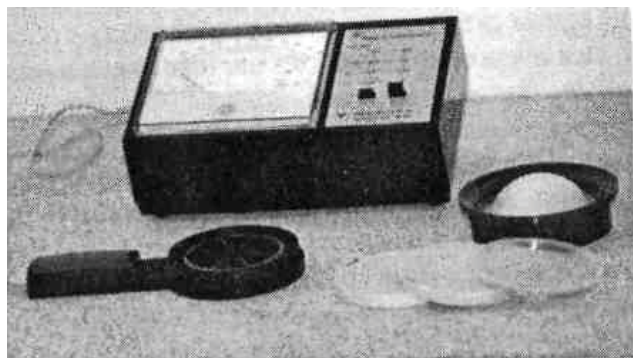


Рисунок 1.1 – Люксметр типа Ю116 с насадками и двумя шкалами (от 0 до 30 лк и от 0 до 10 лк)

та измеряют площадь остекления окон и площадь пола (в  $m^2$ ), а затем вычисляют их отношение. Световой коэффициент в жилых и детских дошкольных учреждениях рекомендован на уровне  $1:5$ – $1:6$ , в учебных помещениях  $1:4$ – $1:5$ . При проектировании аптек и лечебных учреждений необходимо учитывать, чтобы СК был не ниже указанных величин.

#### **Определение светового коэффициента**

Для расчета светового коэффициента измеряют площадь остекления окон и площадь пола (в  $m^2$ ), затем вычисляют их отношение. СК выражается дробью, числитель которой единица, а знаменатель – частное от деления площади помещения на площадь поверхности стекол.

**Коэффициент заглубления** выражает отношение расстояния от пола до верхнего края окна к глубине помещения. *КЗ не должен превышать 2,5*, что обеспечивается глубиной помещения до 6 м.

Оценка естественного освещения только по световому коэффициенту и коэффициенту заглубления может оказаться неточной, так как не учитывается возможность затенения окон противоположно стоящими зданиями и деревьями, поэтому для уточнения оценки дополнительно определяется **угол падения световых лучей и угол отверстия**.

**Угол падения** показывает, под каким углом падают лучи света из окна на рабочую поверхность (чем больше угол, тем больше

освещенность в помещении). **Угол падения света** на рабочем месте должен быть **не менее  $27^\circ$** . Угол отверстия дает представление о величине небосвода, непосредственно освещающего исследуемое место, чем больше участок неба, видимый из окна, тем лучше естественное освещение. **Угол отверстия** должен быть **не менее  $5^\circ$** . Определение и оценка величин углов падения света и отверстия должна проводиться по отношению к самым удаленным от окна рабочим местам. Характеристика и оценка достаточности естественного освещения помещения производятся в соответствии с гигиеническими нормативами.

#### **Оценка естественной освещенности**

**Определение углов падения света и отверстия** (рисунок 1.2). **Угол падения** ( $\alpha$ ) образован двумя линиями, одна (СА) идет от верхнего края окна к точке, идущей к рабочей поверхности, где определяются условия освещения, вторая линия идет от (АВ) угол отверстия – это линия на горизонтальной плоскости, идущая от рабочей поверхности в помещении к поверхности кровли противостоящего здания, соединяющая точку измерения со стеной, на которой расположено окно.

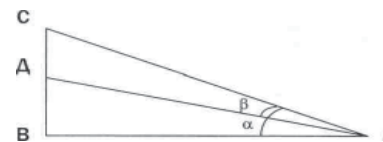


Рисунок 1.2 – Угол падения света ( $\alpha$ ) и угол отверстия ( $\beta$ )

**Угол отверстия** ( $\beta$ ) образуется двумя линиями, идущими от точки измерения на рабочем месте: одна (СА) – к верхнему краю окна, другая (АД) – к самой верхней точке противостоящего здания или какого-либо ограждения (забор, деревья и т. п.).

Измерение углов падения и отверстия может производиться: визуально, а также оптическим угломером или при помощи линейки и транспортира, графическим методом путем построения угла в определенном масштабе или прямоугольного треугольника.

**Коэффициент заглубления** измеряют расстоянием от пола до верхнего края окна, а также расстоянием от светонесущей стены до противоположной стены, затем вычисляют их отношение.

КЗ выражается дробью, при этом числитель дроби приводится к 1, для этого числитель и знаменатель делят на величину числителя (таблица 1.3).

Характеристика и оценка достаточности естественного освещения помещения производится в соответствии с нормативами, приведенными в таблицах.

Таблица 1.3 – Нормы естественного, совмещенного и искусственного освещения жилых, учебных, аптечных и лечебных помещений (извлечения из СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03)

Наименование помещения	Освещение	
	Естественное/совмещенное (КЕО), %	Искусственное (люминесцентные лампы), лк
<b>Жилые комнаты и помещения аптек других ЛУ</b>	0,5/-	150
Площадь для посетителей в торговом зале	-/0,4	200
Рецептурный отдел, отделы ручной продажи, оптики, готовых лекарственных средств	-/0,6	300
Ассистентская, асептическая, аналитическая, фасовочная, заготовочная концентратов и полуфабрикатов, контрольно-маркировочная	-/0,9	500
Стерилизационная, моечная	1,0/0,6	200
Помещения хранения лекарственных и перевязочных средств, посуды	-	100
Помещения хранения кислот, дезинфекционных средств, горючих и легковоспламеняющихся жидкостей	-	75
Кладовая тары	-	50

Помещения лечебно-профилактических учреждений		
Операционная	-	400
Родовая, перевязочные, реанимационные	1,5/0,9	500
Предоперационная	1,0/0,6	300
Кабинеты врачей	1,5/0,9	500
Палаты для новорожденных, послеоперационные, интенсивной терапии	1,0/-	200
Палаты	0,5/-	100
Учебные помещения школ и вузов		
Аудитории, классные комнаты школ	1,5/1,3	300
Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории вузов	1,2/0,7	400
Кабинеты информатики	1,2/0,7	400
Кабинеты черчения и рисования	1,5/0,7	500

### 1.6. Искусственное освещение

Искусственное освещение применяется в помещениях без естественного освещения или с недостаточным естественным освещением в дневное время (*совмещенное освещение*) при выполнении точных зрительных работ. Основными гигиеническими требованиями к искусственному освещению являются: обеспечение правильной цветопередачи, достаточный уровень его интенсивности, равномерность и постоянство во времени, отсутствие слепящего действия и резких теней, вызванных источником света. Создаваемый им спектр должен быть приближен к спектру естественного солнечного света.

Рациональное искусственное освещение обеспечивается правильным выбором системы освещения, источников света, светильников, их размещением, видом осветительной арматуры, направлением светового потока и характером света. Искусственное освещение может быть трёх видов: *общее* (равномерное – при раз-



мещении светильников в верхней зоне помещения по всей ее площади или локализованное, при расположении светильников с учетом размещения оборудования и рабочих мест), **местное и комбинированное** (общее освещение дополняется местным). Равномерность освещения в помещении обеспечивает общая система освещения. Достаточная освещенность на рабочем месте может быть достигнута путем использования местной системы освещения (настольные лампы). Наилучшие условия достигаются при комбинированной системе освещения (общее + местное). В служебных помещениях недопустимо использование местного освещения без общего.

Из источников искусственного освещения в настоящее время применяются **газоразрядные люминесцентные лампы и лампы накаливания**. В лампах накаливания свечение возникает в результате нагрева вольфрамовой нити лампы до высоких температур. Ввиду низкой световой отдачи, небольшого срока службы (до 1500 ч), преобладания в спектре лампы желтовато-красных цветов, искажающих цветовое восприятие, применение ламп накаливания ограничено. Галогеновые лампы накаливания с вольфрамово-йодным (галогеновым) циклом более эффективны, их световая отдача и срок службы выше (до 8000 ч). Спектр галогеновых ламп накаливания близок к естественному свету, что позволяет использовать их в общественных помещениях (библиотеках, столовых и др.). В основном лампы накаливания используются для местного освещения, в помещениях с кратковременным пребыванием людей и в случаях, если применение газоразрядных ламп невозможно по технологическим причинам.

Газоразрядные лампы бывают низкого (*люминесцентные*) и высокого давления. Действующими нормами («*Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий*» СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03) люминесцентные лампы приняты в качестве основных для общественных и производственных помещений. Они обладают значительной световой отдачей, позволяющей создать высокие уровни освещенности, более экономичны, имеют мягкий, рассеянный свет и сравнительно невысокую яркость, их спектр излучения близок к спектру дневного света. Принцип

действия люминесцентных ламп заключается в преобразовании излучения ртутного разряда в видимые лучи, что достигается возбуждением люминофоров ультрафиолетовыми лучами. Для этого внутренняя поверхность колбы покрывается специальным составом – **люминофором**, внутри колбы помещается капля ртути для образования ртутных паров. При пропускании электрического тока через лампу возникает ультрафиолетовое излучение, под влиянием которого люминофоры начинают светиться.

Люминесцентные лампы выпускаются нескольких типов в зависимости от состава люминофора. *Лампы дневного света (ЛД)* с голубоватым цветом излучения рекомендованы к применению в помещениях с правильным цветоразличением. *Лампы белого света (ЛБ)* с преобладанием в их спектре оранжево-желтых оттенков и особенно *лампы холодного белого света (ЛХБ)*, *белого света с улучшенной цветопередачей (ЛХЕ)* и *дневного света с правильной цветопередачей (ЛДЦ)* используются в жилых, учебных и аптечных помещениях, где требуется хорошая цветопередача человеческого лица и мелких деталей. *Лампы теплого белого света (ЛТБ)* имеют преобладание в спектре желтых и розовых лучей, поэтому используются для освещения вокзалов, вестибюлей кинотеатров, помещений метро.

Светильник применяется для защиты глаз от слепящего действия источника света. Светильник состоит из двух частей – источника света (лампы) и осветительной арматуры. С точки зрения перераспределения светового потока различают светильники *прямого, отраженного и рассеянного света*. Арматура светильников прямого света направляет около 90 % света лампы на освещаемое место за счет внутренней отражающей поверхности. Светильники отраженного света, наоборот, большую часть светового потока направляют вверх, за счет чего помещение освещается мягким, равномерным рассеянным светом, но при этом теряется 50 % света. Наиболее часто в помещениях используются светильники рассеянного света, который распределяется равномерно по всему помещению, не дает резких теней и бликов. Для получения рассеянного света в светильниках используется молочное или матовое стекло.

Таблица 1.4 – Нормы искусственной освещенности лечебно-профилактических учреждений

Наименование помещения	Наименьшая освещенность, лк	
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания
Операционные	–	200
Перевязочные, предоперационные, реанимационные, наркозные, противошоковые палаты	–	150
Кабинеты хирургов, стоматологов, травматологов, педиатров, дерматовенерологов, инфекционистов, врачей-лаборантов	300	150
Кабинеты терапевтов, гинекологов, других врачей, смотровые, фильтры	200	100
Помещения для дневного пребывания больных, ожидальни, комнаты для кормления грудных детей	150	75
Палаты для новорожденных, послеоперационные детского отделения, боксы, полубоксы, палаты интенсивной терапии		50
Палаты, кроме указанных выше	–	30

Измерение уровня искусственного освещения непосредственно на горизонтальной поверхности рабочего места производится с помощью люксметра (объективный метод). Контрольные точки для измерения минимальной освещенности размещают: в центре помещения, под светильниками, между светильниками и их рядами, у стен на расстоянии не менее 1 м. Измерение уровня искусственного освещения проводится в темное время суток.

Для измерения уровня освещенности широко используется **метод удельной мощности**. Количество светильников и мощность ламп рассчитываются по уровню освещенности на рабочих местах, которое должно соответствовать установленным гигиеническим нормативам.

Метод определения удельной мощности (метод ватт) рекомендуется для ориентировочного определения искусственной освещенности. Он основан на подсчете суммарной мощности всех источников света ( $W$ ) в помещении и определении удельной мощности ламп ( $P$ ) путем деления общей мощности  $W$  на площадь помещения ( $S$ ) ( $P=W/S$ , Вт/м<sup>2</sup>). Искусственная освещенность рассчитывается при умножении удельной мощности ламп на коэффициент  $e$ , показывающий, какую освещенность (в лк) дает удельная мощность, равная 1 Вт/м<sup>2</sup>. Значение ( $P$ ) для помещений с площадью не более 50 м<sup>2</sup> при напряжении в сети 220 Вт для ламп накаливания мощностью менее 100 Вт равно 2,0; для ламп 100 Вт и более 2,5; для люминесцентных ламп 12,5 (таблицы 1.4, 1.5).

#### **Определение и оценка искусственного освещения**

*Характеристика (описание)* системы искусственного освещения (общее равномерное, общее локализованное, местное, комбинированное, совмещенное), типы источника света (лампы накаливания, люминесцентные и т. д.), их мощность, виды арматуры.

В связи с этим детально изучаются направления светового потока и характер света (прямой, рассеянный, отраженный), наличие или отсутствие резких теней и блескости и т. д.

Таблица 1.5 – Нормы искусственной освещенности школьных помещений (СП 2.4.2.782–99)

Наименование помещения	Наименьшая освещенность, лк	
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания
Классные комнаты:		
- на рабочих столах	300	150
- на классной доске	500	300
Кабинет черчения и рисования	500	300
Дисплейные классы	300–500	150–300
Кабинет технических средств обучения	300–500	150–300
Спортивный и актовый залы	200	100
Рекреации	150	75

## 2. Гигиеническая оценка температуры, влажности и скорости движения воздуха помещений

### 1.2.1. Характеристика метеорологических факторов

Физические свойства воздуха нестабильны и связаны с климатическими особенностями географического расположения региона.

**Погода** – состояние атмосферы в данный момент на определенной территории в конкретный период, т. е. совокупность физических свойств приземного слоя атмосферы (температуры, влажности, скорости и направления ветра, солнечной радиации, барометрического давления) в конкретной местности за определенный промежуток времени. Непосредственное влияние погоды заключается в ее влиянии на теплообмен организма.

Комплексная характеристика погоды называется ее типом. С гигиенической точки зрения (влияние на здоровье человека) применяется *клиническая классификация типов погоды*.

**Клинически оптимальный тип погоды** оказывает благоприятное, щадящее действие на организм человека, вызывает бодрое настроение – это погода с относительно ровными метеорологическими свойствами: умеренно влажная или сухая, тихая (скорость ветра не более 3 м/с), ясная (солнечная, когда межсуточные колебания температуры воздуха не превышают 2 °С, атмосферного давления – 3 мм рт. ст.

**Клинически раздражающий тип погоды** – с нарушением оптимального уровня одного или несколько метеорологических параметров: это погода пасмурная или солнечная, сухая или влажная (не выше 90 % относительной влажности), когда межсуточные колебания температуры воздуха не превышает 4 °С, атмосферного давления 6 мм рт. ст., скорость ветра не более 9 м/с.

**Клинически острый тип погоды** характеризуется резкими изменениями метеорологических параметров: это погода сырая (выше 90 % относительной влажности, дождливая, пасмурная и очень ветренная (скорость ветра более 9 м/с), межсуточные колебания температуры воздуха превышают 4 °С, атмосферного давления более 6 мм рт. ст. Изменения погоды в течение суток, недели происходят постепенно (периодически) или резко (апери-

одически). Резкие изменения погоды (передвижение воздушных масс, барометрическое давление, температура и др.) являются неожиданными для организма и создают повышенную нагрузку на терморегуляторный аппарат организма человека, вызывая перенапряжение физиологических механизмов адаптации, что приводит к различным нарушениям функций организма (гелиометеотропным реакциям) у метеочувствительных людей. Эти изменения проявляются в виде снижения трудоспособности, повышенной утомляемости и ухудшения общего самочувствия: нарушения сна, когда возникают головные боли, головокружение, шум в ушах, боли в области сердца, ногах, руках, болевые ощущения в закрытых полостях (суставов, зубов). Гелиометеотропные реакции можно рассматривать как клинический синдром дезадаптации. В этот период снижается чувствительность к лекарственным препаратам, что может привести к их передозировке. В настоящее время доказано негативное влияние неблагоприятной погоды на течение многих заболеваний (сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, пищеварительной и нервной систем, кожных и глазных болезней, а также рост суицидов, убийств и автокатастроф). Гелиометеотропные реакции также отмечаются у детей грудного возраста, 5–6 и 11–14 лет, когда происходит физиологическая перестройка механизмов адаптации. У беременных женщин повышается чувствительность, усугубляется течение токсикозов, увеличивается количество угрожающих аборт и преждевременных родов. Лица пожилого возраста также имеют повышенную чувствительность. Профилактика гелиометеотропных реакций проводится с помощью закаливания, рационального подбора одежды и обуви, улучшения условий труда и отдыха, оптимизации микроклимата помещений, применения медикаментов.

**Климат** – это многолетний режим погоды, характерный для определенных местностей, обусловленных их географическим расположением. Он оказывает на человека прямое и косвенное влияние. Прямое влияние весьма разнообразно и обусловлено непосредственным действием климатических факторов на организм человека и, прежде всего, на условия теплообмена его с окружающей средой: на кровоснабжение кожных покровов,

дыхательную, сердечно-сосудистую и потоотделительную системы. В строительной практике климат СНГ подразделяется на 3 климатических пояса по средним температурам января и июля: 1 – холодный, 2 – умеренный, 3 – теплый.

Некоторые климатические районы в свою очередь подразделяются на **континентальный, морской, горный, степной, лесной, также выделяются климатические пояса** (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Климатические пояса Земли

Климатический пояс	Географическая широта, градусы	Среднегодовая температура, °С
Тропический	0–13	20–24
Жаркий	13–26	16–30
Теплый	26–39	12–16
Умеренный	39–52	18–12
Холодный	52–65	4–8
Суровый	65–78	0–4
Полярный	79–90	Ниже –4

В настоящее время в медицинской практике используют деление климата на щадящий, и раздражающий.

**Щадящий климат** – это теплый климат с малыми колебаниями температур и других метеорологических факторов на протяжении длительных промежутков времени (сутки, месяцы, годы). Этот вид климата предъявляет минимальные требования к адаптационным физиологическим механизмам организма человека.

**Раздражающий климат** характеризуется значительными суточными и сезонными колебаниями метеорологических факторов и предъявляет повышенные требования к адаптационным и физиологическим системам организма человека.

#### Адаптация и акклиматизация

Адаптация это непродолжительный, краткосрочный процесс поддержания нормальной жизнедеятельности, функционального состояния организма, обеспечивающий его сохранение, развитие, работоспособность, максимальную продолжительность жизни в неадекватных условиях окружающей среды.

Длительная адаптация организма человека к новым климатическим условиям называется **акклиматизацией**.

**Акклиматизация к жаркому климату** происходит при изменении реакции следующих систем:

- 1) сердечно-сосудистой (уряжается пульс, снижается АД на 15–25 мм рт. ст.);
- 2) дыхательной (уменьшается частота дыхания);
- 3) выделительной (лучше и равномернее распределяется пот по поверхности тела, более интенсивно и равномерно испаряется пот без профузного потения, в результате происходит снижение основного обмена и температуры тела на 10–15 %.

**Акклиматизация к холодному, суровому и полярному климату:** происходит усиление обмена веществ, теплопродукции, увеличение объема циркулирующей крови и восстановление температуры кожи. Процесс акклиматизации к низким температурам происходит в 3 фазы.

1. Начальная, для которой характерны физиологические сдвиги в условиях холодного, жаркого и высокогорного климата.
2. Перестройка динамического стереотипа, происходящая по благоприятным и неблагоприятным вариантам.
3. Стойкая акклиматизация.

**Мероприятия, способствующие акклиматизации к холодному климату:**

1. Рациональная застройка населенных мест (компактное размещение зданий торцами к господствующим ветрам), устройство крытых переходов между отдельными зданиями, большая полезная площадь помещений, наличие зимних садов.
2. Рациональная одежда и обувь (низкая теплопроводность, паропроницаемость, ветрозащитность, влагопроницаемость тканей, чтобы обеспечить снижение теплопотерь).
3. Рациональное питание (высокая энергетическая ценность суточных рационов, включающих не менее 14 % белков, в том числе 60 % животных, до 30 % жиров, повышенное содержание витаминов группы В, аскорбиновой и никотиновой кислот).
4. Профилактическое ультрафиолетовое облучение с помощью эритемных ламп на производствах (в фотариях), плавательных бассейнах, детских учреждениях.



**В условиях жаркого климата целесообразны следующие мероприятия:**

1. Рациональная застройка населенных мест (менее плотное размещение зданий, правильная ориентация окон зданий – исключение западной и юго-западной ориентации), озеленение территорий, максимальное использование водного фактора (фонтаны, бассейны, водоемы и т. д.).

2. Рациональная вентиляция помещений, применение кондиционеров, устройство лоджий, балконов, веранд.

3. Рациональное питание (снижение энергетической ценности пищевого рациона за счет уменьшения в рационе животных жиров, увеличения поступления водорастворимых витаминов и минеральных солей, теряемых с потом, изменение режима питания – основные приемы пищи утром и вечером).

4. Рациональный питьевой режим (пьют горячий зеленый чай для усиления потоотделения).

5. Рациональная одежда (теплопроводная, светлых тонов, свободного покроя, чтобы улучшить поток воздуха извне и усилить воздухообмен, легкие головные уборы в виде чалмы, широкополые шляпы, панамы, легкая обувь).

**Микроклимат представляет собой** комплекс физических свойств воздуха, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, т. е. его тепловое состояние в ограниченном пространстве (в отдельных помещениях, городе, лесном массиве и т. д.) и определяющих его самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Показателями микроклимата являются температура, влажность, скорость движения воздуха и тепловое излучение окружающих предметов и людей. Состояние этих факторов и определяет тепловой комфорт организма человека и достигается соотношением процессов теплопродукции и теплоотдачи организма. Теплопродукция происходит при окислении пищевых веществ и при сокращении скелетной мускулатуры. Также человек получает конвекционное тепло от окружающего воздуха и нагретых предметов, если их температура выше температуры кожи откры-

тых частей тела. Основные механизмы отдачи тепла телом человека: **кондукция** в прилегающие к коже слои воздуха и менее теплые предметы; последующая – **конвекция** нагретого воздуха с излучением тепла по направлению к менее нагретым предметам; **испарение** пота с поверхности кожи и влаги с поверхности дыхательных путей, при нагревании тела до 37 °С.

Неблагоприятное влияние микроклимата обусловлено комплексным воздействием физических факторов воздушной среды: повышением или понижением температуры, влажности или скорости движения воздуха. При повышенной температуре и высокой влажности воздуха или скорости движения воздуха снижается отдача влаги и тепла во внешнюю среду, возникает опасность перегрева организма. Наоборот, высокая влажность и низкая температура способствуют переохлаждению организма, так как влажный воздух является хорошим проводником тепла, что увеличивает теплоотдачу организма человека. Повышенная скорость движения воздуха увеличивает теплоотдачу через конвекцию и испарение и способствует более быстрому охлаждению организма, если его температура ниже температуры кожи, и наоборот, увеличивают тепловую нагрузку при температуре выше температуры кожи.

Гигиенической нормой микроклимата является тепловой комфорт, который определяется сочетанными факторами микроклимата. При нормировании факторов микроклимата устанавливают **оптимальные** величины и **допустимые** границы колебаний параметров в помещениях, применительно к холодному и теплomu периодам года, с учетом категории работ и соответствующих энергозатрат.

**Тепловое** состояние окружающей среды считается **комфортным** при температуре воздуха 17–22 °С, предельно допустимым уровнем – при верхней границе  $t = 25$  °С и нижней при  $t = 14$  °С; предельно переносимым – соответственно при  $t = +30$  °– $10$  °С; экстремальным – при  $+40$  °С и  $-40$  °С и  $-50$  °С. В последнем случае обычная зимняя одежда не может поддерживать тепловое равновесие организма.

При воздействии на организм низких температур наблюдаются нарушение трофики тканей, развитие невритов, миозитов;



понижение резистентности организма, что способствует повышению восприятия организма к заболеваниям как инфекционной, так и неинфекционной этиологии. Местное охлаждение (особенно ног) может привести к возникновению простудных заболеваний: ангине, острым респираторным заболеваниям, пневмонии и т. д.

При длительном воздействии высокой температуры воздуха нарушается водно-солевой и витаминный обмен, особенно при выполнении физической работы. Усиленное потоотделение приводит к повышенным потерям солей и водорастворимых витаминов. Изменяется деятельность желудочно-кишечного тракта, происходит выделение из организма ионов хлора при приеме большого количества воды, что ведёт к угнетению желудочной секреции и снижению бактерицидности желудочного сока. Это создает благоприятные условия для возникновения воспалительных процессов в ЖКТ и повышенной восприимчивости к кишечным заболеваниям. Установлено, что потеря 30 гр хлорида натрия приводит к мышечным спазмам и судорогам. Влияние высокой температуры воздуха отрицательно сказывается на ЦНС, что проявляется ослаблением внимания, нарушением точности и координации движений, замедлением реакций. Это способствует снижению качества работы и увеличению производственного травматизма.

Восприятие температуры весьма индивидуально. Это зависит от физиологических и психологических особенностей человека, а также эмоционального восприятия климата.

На организм человека, как правило, влияет не один какой-либо изолированный фактор, а их совокупность, причем основное действие оказывают не обычные колебания климатических условий, а главным образом их внезапные изменения.

### 1.2.2. Методы определения температуры воздуха

Определение температуры воздуха проводится *ртутными термометрами* с диапазонами измерения от  $-30$  до  $+50$  °С или лабораторными *спиртовыми термометрами* со шкалой от 0 до  $+100$  °С. Для фиксации максимальной или минимальной температуры воздуха применяются *максимальный и минимальный термометры*. Измерение температуры воздуха в помещениях обычно сочетают с определением его влажности и производят

с помощью психрометра. При наличии источников инфракрасного излучения измерение температуры проводят по сухому термометру аспирационного психрометра, так как резервуары термометров надежно защищены от влияния теплового облучения двойными полированными и никелированными экранами.

Измеряют температуру воздуха в помещениях с помощью спиртовых термометров, укрепленных на переносном штативе на высоте 1,5 и 0,5 м от пола, в течение 7–10 мин в следующих 4 точках:

- в центре помещения на высоте 0,5 м ( $T_1$ ) и 1,5 м от пола ( $T_2$ );
- на высоте 1,5 м на расстоянии 5–10 см от наружной стены (оконного стекла в помещении) ( $T_3$ ) и от противоположной внутренней стены ( $T_4$ );

Затем производят расчет средней температуры помещения, путем суммирования и деления на 4.  $[(T_1+T_2+T_3+T_4)/4]$ , и производят расчет перепадов температуры в помещении: по горизонтали ( $T_4-T_3$ ) и по вертикали на 1 м высоты ( $T_2-T_1$ ).

Для определения и записи колебаний температуры в помещении используются самопишущие приборы – термографы (рисунок 1.3) с регистрацией температуры воздуха за суточный или недельный периоды с диапазоном измерения от  $-20$  до  $+50$  °С.

Датчиком термографа является биметаллическая изогнутая пластинка, внутренняя поверхность которой состоит из сплава инвара, практически не расширяющегося при нагревании, а наружная – из константана, имеющего относительно большой коэффициент теплового расширения. С повышением или понижением температуры изменяется кривизна биметаллической пластинки. Колебания пластинки через систему рычагов передаются на перо самописца с чернилами, которое регистрирует температурную кривую на ленте, закрепленной на барабане, вращающемся с определенной скоростью.

*Определение тепловой радиации* проводится, если в помещении есть нагревательные приборы или нагретое оборудование. Тепловая радиация – это инфракрасное излучение с длиной волны от 760 до 1500 нм. Для измерения тепловой радиации используется *актинометр*. Датчик актинометра (рисунок 1.4) представ-

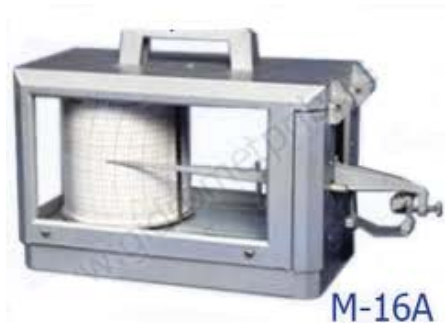


Рисунок 1.3 – Термограф

ляет собой термобатарей и состоит из чередующихся черных и серебристо-белых металлических пластин, присоединенных к разным концам электрической цепи. При разности температур возникает термоэлектрический ток на концах электрической цепи из-за нагревания черных пластин в результате поглощения инфракрасных лучей, который регистрируется гальванометром, отградуированным в единицах тепловой радиации, – кал/см<sup>2</sup>·мин или Вт/м<sup>2</sup>. Предельно допустимый уровень тепловой радиации на рабочем месте = 20 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Перед началом измерения стрелку на шкале гальванометра необходимо поставить в нулевое положение, затем открыть крышку на задней поверхности актинометра. Показания гальванометра списываются через 3 секунды после установки термодатчика (датчика) актинометра в сторону источника теплового излучения.

### 1.2.3. Влажность воздуха

**Определение влажности воздуха** обуславливается испарением воды с поверхностей водоемов: морей, океанов, больших рек и озер. Вертикальный и горизонтальный воздухообмен способствует распространению влаги в тропосфере Земли. Относительная влажность подвержена суточным колебаниям, что связано с изменением температуры. Чем выше температура воздуха, тем большее количество водяных паров требуется для его насыщения. При низких температурах необходимо меньшее количество водяных паров. При проведении исследований про-

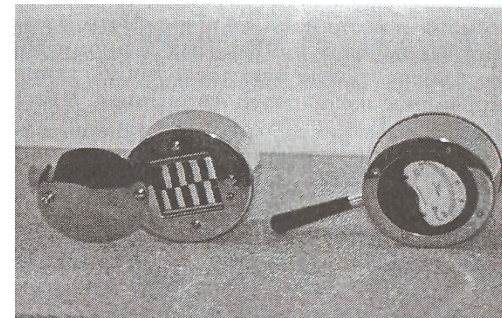


Рисунок 1.4 – Актинометр

водят измерение абсолютной, максимальной и относительной влажности, физиологический дефицит насыщения и точку росы.

**Абсолютной влажностью воздуха** называют количество водяных паров, находящихся в данное время в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Величину абсолютной влажности воздуха выражают в граммах на 1 м<sup>3</sup> воздуха или в миллиметрах ртутного столба (по давлению, которое оказало бы данное количество паров воды на стенки замкнутого пространства).

**Максимальной влажностью воздуха** называют наибольшее количество водяных паров, которое может содержаться в 1 м<sup>3</sup> воздуха при определенной температуре воздуха и определенном атмосферном давлении в момент измерения. Величина максимальной влажности воздуха прямо пропорциональна температуре воздуха и обратно пропорциональна уровню атмосферного давления. Величину максимальной влажности воздуха, так же как и величину абсолютной влажности, выражают в граммах на 1 м<sup>3</sup> или в миллиметрах ртутного столба.

**Относительной влажностью воздуха** называют отношение абсолютной влажности воздуха к максимальной влажности, выраженное в процентах:

$$R = \frac{A \times 100}{M},$$

где **R** – относительная влажность воздуха в процентах; **A** – абсолютная влажность воздуха в граммах в 1 м<sup>3</sup>; **M** – максимальная влажность воздуха в граммах в 1 м<sup>3</sup>.

**Дефицит насыщения** (определяется количеством водяных паров, находящихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха при полном его насыщении парами воды) определяют разностью между максимальной и абсолютной влажностью.

#### **Влияние влажности воздуха на организм человека**

Высокая влажность воздуха, имеющего низкую температуру, повышает теплоотдачу. Это происходит по следующим причинам:

а) повышается теплопроводность тканей одежды (воздух, находящийся в порах ткани одежды, является плохим проводником тепла в том случае, если влажность его невелика. При повышении влажности окружающего воздуха повышается и влажность воздуха, находящегося в порах тканей одежды. Вследствие чего возрастает его теплопроводность, и тепло из пододежного пространства быстро уходит в окружающий воздух;

б) повышается теплопроводность воздуха, окружающего человека, так как водяные пары во много раз теплопроводнее сухого воздуха. В результате этого увеличивается потеря тепла кожей вследствие теплопроводения (конвекции);

в) во влажном воздухе повышается поглощение тепла окружающими предметами в закрытых помещениях: стены, межэтажные перекрытия, предметы обстановки), что повышает потери тепла организмом путем излучения.

Высокая влажность воздуха, имеющего высокую температуру, затрудняет теплоотдачу. Чем выше температура воздуха окружающего человека, тем меньшее количество тепла теряется путем излучения и непосредственного проведения в окружающий воздух. Отдача тепла по этим путям может иметь место при температуре окружающего воздуха, не превышающей 30°. Если температура воздуха и окружающих предметов равна температуре поверхности кожи, теплоотдача происходит только за счет испарения пота. В состоянии покоя при температуре окружающего воздуха +15° потеря влаги организмом составляет примерно 30 г/час. При температуре воздуха +30° потеря влаги составит около 120 г/час. Следует заметить, что организм человека может отдавать тепло только в том случае, если выделившийся пот испаряется

с поверхности кожи (на испарение 1 г влаги затрачивается около 0,6 ккал). Высокая влажность окружающего воздуха затрудняет испарение пота с поверхности кожи, препятствуя теплоотдаче.

Низкая влажность воздуха, имеющего относительно низкую температуру, не оказывает заметного влияния на самочувствие человека.

Низкая влажность воздуха, имеющего высокую температуру, отрицательно сказывается на самочувствии человека: возрастает потеря влаги из организма, появляется сухость слизистых оболочек верхних дыхательных путей, возникает сухой кашель, голос становится хриплым.

В гигиенической практике считается, что оптимальная величина влажности воздуха находится в пределах 40–60 %, приемлемая нижняя – 30 %, приемлемая верхняя – 70%, крайняя нижняя – 10–20 % и крайняя верхняя 80–100 %.

#### **Методика оценки влажности воздуха**

Измерение влажности воздуха может проводиться с помощью различных приборов. Абсолютная влажность может быть определена с помощью *психрометров*. Наиболее широко в гигиенической практике для измерения абсолютной влажности, как в помещении, так и вне его используются переносные **аспирационные психрометры Ассмана**, имеющие защиту от ветра и тепловой радиации. Существует два вида психрометров: аспирационный ртутный психрометр Ассмана (рисунок 1.5 а) и стационарный психрометр Августа (рисунок 1.5 б). Психрометр состоит из двух одинаковых термометров, резервуар одного из которых обернут легкой гигроскопичной тканью, увлажненной дистиллированной водой перед измерением, а второй остается сухим. Психрометр состоит из двух ртутных термометров (имеющих шкалу от -30 до +50 °С), которые заключены в общую оправу, а их резервуары – в двойные никелированные металлические трубки защиты от лучистого тепла. Вмонтированный в головку прибора вентилятор с часовым механизмом просасывает воздух вдоль термометров с постоянной скоростью 2 м/с.

**Стационарный психрометр Августа** используется в стационарных условиях, исключая воздействие на него ветра

и лучистого тепла. Он состоит из двух спиртовых термометров. На основании их показаний абсолютная влажность определяется по таблицам, нанесенным на приборе, или по формуле:

$$K = f - \alpha(t_c - t_v) B,$$

где:  $K$  – абсолютная влажность воздуха при данной температуре, мм рт. ст.;  $f$  – максимальная влажность воздуха при температуре влажного термометра, мм рт. ст.;  $\alpha$  – психрометрический коэффициент, равный 0,001 при несильном движении воздуха;  $t_c$  и  $t_v$  – температура сухого и влажного термометров, °С;  $B$  – атмосферное давление в момент измерения, мм рт. ст.



а

б

Рисунок 1.5 – Психрометры: а – аспирационный, б – стационарный

Перед началом измерений при помощи пипетки нужно увлажнить ткань на резервуаре влажного термометра, завести ключом механизм прибора до отказа и повесить его вертикально на кронштейне в исследуемой точке, обычно в центре помещения, а затем через 3–5 мин записать показания сухого и влажного термометров или включить в электросеть электрический психрометр.

Непосредственно относительная влажность может быть измерена *гигрометром* (рисунок 1.6), где пучок обезжиренных человеческих волос натянута вдоль рамы прибора и прикреплен к стрелке. Используется свойство волоса изменять свою длину в зависимости от влажности. При изменении степени его натяжения стрелка

перемещается по шкале, отградуированной в процентах. Относительная влажность измеряется обычно в центре помещения.



Рисунок 1.6. – Гигрометр

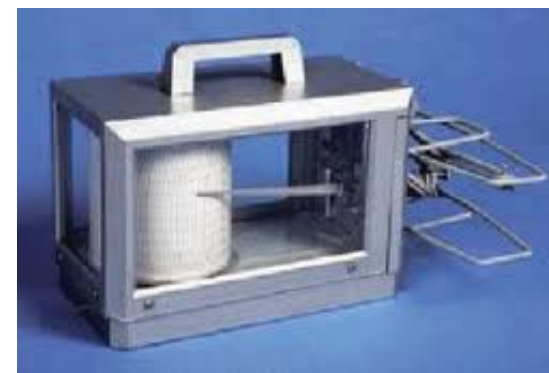


Рисунок 1.7 – Гигрограф

Для непрерывной графической регистрации и записи относительной влажности воздуха за определенный (суточный или недельный) период времени используются самопишущие приборы – *гигрографы* типа М-21 (диапазон измерений от 30 до 100 %, при температурах от –30 до +45 °С), в которых датчиком служит натянутый в рамке пучок обезжиренных человеческих волос (рисунок 1.7).



#### 1.2.4. Определение скорости движения (подвижности воздушных потоков)

Подвижность воздуха возникает вследствие разницы температур встречных потоков воздуха на различных участках поверхности Земли и характеризуется направлением и скоростью. Для каждой местности закономерна повторяемость ветров преимущественно одного направления. Для измерения частоты изменений направления ветра использует графическое изображение ее величины – *розу ветров* (рисунок 1.8), представляющей собой перекрест пересекающихся линий по сторонам света, на которых отложены отрезки, соответствующие числу направления ветров, выраженных в процентах по отношению к общему их числу за 365 дней года. *Роза ветров* позволяет правильно располагать и ориентировать жилые и общественные здания, больницы, курорты, санатории, микрорайоны по отношению к промышленным предприятиям. Когда речь идет о строительстве жилого здания и загрязняющего объекта, то загрязняющий объект должен быть размещен с подветренной стороны, чтобы выбросы от него не несло на жилые здания.

Подвижность воздуха способствует вентиляции жилых кварталов и расположенных там строений, что обуславливает очищение атмосферы от поступающих загрязнений – чем выше скорость, тем дальше отнесутся выбросы от места их образования, таким образом, они распространяются, и концентрация их снижается.

Влияние скорости движения воздуха непосредственно на организм человека приводит к увеличению теплопотерь с поверхности тела. При низкой температуре окружающей среды возникает переохлаждение организма, при высокой температуре воздуха, увеличивается теплоотдача путем конвекции и испарения – это предохраняет от перегревания. Скорость испарения пота с поверхности кожи пропорциональна скорости движения воздуха.

Скорость движения воздуха выражается величиной (м/сек). Скорость движения воздуха менее 1 м/с не ощущаются человеком, превышающая 1 м/сек – воспринимается как ветер.

*Ветром* называют перемещение воздуха над земной поверхностью. Причиной возникновения ветров является неравномерное распределение температуры встречных потоков воздуха и атмосферного давления.

#### Методика определения скорости движения воздуха

Перемещение воздуха в атмосфере характеризуется направлением движения и скоростью. Направление определяется стороной света, откуда дует ветер, а скорость расстоянием, пройденным массой воздуха в единицу времени (м/с).

Роза ветров, представленная на рисунке 1.8, указывает на господствующее северо-восточное направление ветров в исследуемой местности в течение года, поэтому жилые дома, аптеки, больницы и детские учреждения следует размещать с наветренной стороны (в северо-восточном направлении), а промышленные предприятия и другие источники загрязнения с подветренной стороны (в юго-западном направлении). Промышленные предприятия и другие источники негативного влияния на среду обитания и здоровье человека необходимо отделять от жилой застройки с учетом *санитарно-защитных зон* (СЗЗ). Ширина санитарно-защитной зоны устанавливается в соответствии с санитарной классификацией промышленных предприятий, сооружений и иных объектов в зависимости от степени вредности производства, его мощности, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов (*Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03*). По этим признакам промышленные предприятия разделены на 5 классов, для каждого установлена ширина СЗЗ: для предприятий 1-го класса 1000 м с не менее 40 % озеленения, для 2-го – 500 м, 3-го – 300 м с не менее 50 % озеленения, для 4-го – 100 м и 5-го – 50 м с не менее 60 % озеленения территории СЗЗ.

Измерение сравнительно больших скоростей движения воздуха производится *анемометрами* различных конструкций (рисунок 1.9). Выбор типа анемометра определяется величиной измеряемой скорости движения воздуха. Чашечный анемометр



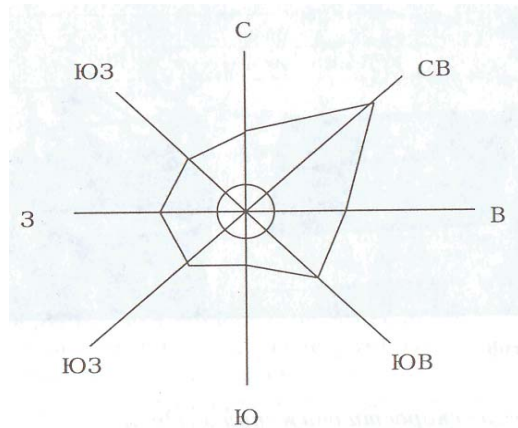


Рисунок 1.8 – Роза ветров

МС-13 измеряет скорости ветра от 1 до 30 м/с. Его чаще всего используют в метеорологической практике. Крыльчатый анемометр АСО-3 используется в производственных помещениях для измерения скоростей движения воздуха в диапазоне 0,3–5,0 м/с.

Принцип работы приборов основан на передаче вращения лопастей, укрепленных на оси, счетному механизму, фиксирующему число оборотов. Для определения скорости движения воздуха учитывается разность между показаниями анемометра до и после его нахождения в струе воздуха в течение 3 мин, и первоначальные показания прибора делят на число секунд измерения. Число оборотов в секунду соответствует скорости движения воздуха в м/с, определяемой по графикам.

Для измерения малых скоростей воздуха в помещении используются стеклянные шаровые или цилиндрические *кататермометры*, которые позволяют измерить скорость в диапазоне 0,05–2,0 м/с (рисунок 1.10).

Шкала шарового кататермометра состоит из 7° (от 33 до 40°), шкала цилиндрического из 3° (от 35 до 38°). Определение основано на оценке интенсивности охлаждения нагретого прибора за счет охлаждающей способности воздуха. Охлаждающую способность воздуха «Н» определяют по фактору кататермометра (F)



Рисунок 1.9 – Анемометры:



а) Чашечный анемометр МС-13



б) Крыльчатый анемометр АСО-3

и времени охлаждения его резервуара (t) в секундах с 38 до 35 °С или с 40 до 33 °С шкалы прибора. Величина F указана в верхней части кататермометра, она соответствует количеству тепла в милликалориях, теряемого с 1 см<sup>2</sup> поверхности прибора при его охлаждении с 40 до 33 °С или от 38 до 35 °С.

Прибор нагревают в стакане с горячей водой с температурой 66–75 °С для того чтобы столбик спирта поднялся немного выше верхней отметки шкалы прибора, вытирают прибор насухо и, подвесив его в центре помещения, отмечают время, требующееся для охлаждения спирта с 40 до 33 °С или с 38 до 35 °С. Охлаждающую способность воздуха «Н» находят по формуле:

$$H = [(F/3) \cdot (40-33)] / t, \text{ мкал / см}^2.$$

Для учета охлаждающего действия окружающего воздуха необходимо вычислить фактор Q, равный разности между средней температурой спирта в кататермометре (36,5 °С) и температурой воздуха в помещении. Рассчитав H/Q, скорость движения воздуха в точке измерения находят по специальной таблице.

Скорость движения воздуха может быть рассчитана и по эмпирической формуле:

$$V = [(H/Q - 0,20)/0,40]^2 \text{ м/с.}$$

Летом благоприятна скорость движения атмосферного воздуха в пределах 1–4 м/с, а в помещении – 0,2–0,4 м/с.



Рисунок 1.10 – Кататермометр шаровой

Для измерения и контроля параметров воздушной среды в настоящее время используются специальные приборы *метеометры* типа МЭС-200, предназначенные для измерения уровня атмосферного давления, относительной влажности воздуха, его температуры и скорости воздушного потока внутри помещения. В качестве датчиков для измерения параметров в приборе используются терморезисторы и сенсор влажности с блоком усилителя.

### 1.2.5. Атмосферное давление

Воздух, окружающий земной шар, имеет определенный вес: 1 л воздуха при 0° на уровне моря весит 1 кг 294 г.

Давление, оказываемое воздухом, называют атмосферным. Воздух оказывает давление на каждый квадратный сантиметр поверхности земли на уровне моря, такое давление оказал бы груз весом более 1 кг (1029,8 г). Это давление будет возрастать в местностях, расположенных ниже уровня моря, и уменьшаться при подъеме на высоту. Для практических целей пользуются Международной стандартной атмосферой (МСА). На уровне моря при температуре 15 °С эта величина равна 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) На поверхности земли колебания атмосферного давления связаны с погодными условиями (4–10 мм рт. ст.) Но возможны существенные понижения или повышения атмосферного давления, способные привести к неблагоприятным изменениям в организме.

Давление воздуха принято выражать высотой ртутного столба, уравнивающего атмосферное давление. Зная удельный вес ртути (13,55), легко рассчитать, что на уровне моря атмосферное давление составит:

$$\frac{1029,8}{13,55} = 76 \text{ см рт. столба}$$

Такое давление атмосферный воздух оказывает и на поверхность человеческого тела. Зная, что поверхность тела взрослого человека равна примерно 1,6 м<sup>2</sup> (16000 см<sup>2</sup>), также легко рассчитать, что атмосферный воздух давит на поверхность нашего тела с силой около 16 т. Вследствие того, что наружное давление уравновешивается внутренним, наш организм практически не ощущает тяжести этого давления и здоровые люди не замечают его. Однако у больных ревматизмом, невралгиями, гипертонической болезнью и другими заболеваниями, особенно у пожилых, эти колебания вызывают изменения самочувствия, приводят к нарушениям отдельных функций организма.

*С повышенным уровнем атмосферного давления* приходится сталкиваться при строительстве подводных тоннелей, метро, при проведении водолазных работ. Кратковременному воздействию высокого давления подвергаются лица при разрыве бомб, мин, снарядов, выстрелов и запусках ракет. При повышенном уровне атмосферного давления чаще всего работа осуществляется в камерах-кессонах или скафандрах.

При высоком давлении наблюдаются признаки наркотического действия азота: вначале возникает возбуждение, затем затруднение возможности сосредоточиться, ухудшение памяти, нарушение координации движений. При давлении 10 атм. возможна потеря сознания.

С повышением давления воздуха возрастает растворение в крови организма газов, входящих в состав воздуха, главным образом азота. При нормальной температуре тела и давлении 1 атм., в крови содержится 1,2 % азота, при давлении 4 атм. – 3,9 % азота. Из крови азот переходит в ткани и растворяется в жирах и липоидах.

При резком переходе от высокого внешнего давления к нормальному, азот, поступивший из тканей в кровь, не успевает выделиться через легкие и в крови образуются пузырьки газа. При этом возникает газовая эмболия (декомпрессионная кессонная болезнь).

Образование газовых эмболов в центральной нервной системе приводит к тяжелым расстройствам (параличам, нарушению

речи и т. д.). В тяжелых случаях при попадании эмболов в коронарные сосуды сердца или в сосуды, питающие жизненные центры мозга, может наступить смерть.

Для предупреждения кессонной (декодопрессионной) болезни важна правильная организация декомпрессии и соблюдение рабочего режима.

### ***Пониженное атмосферное давление***

Парциальным давлением газа называется та часть общего давления в газовой смеси, которая обусловлена данным газом.

Параллельно снижению атмосферного давления в воздухе снижается и парциальное давление кислорода в крови (составляет около 21 % атмосферного давления). На уровне моря парциальное давление кислорода составляет 159 мм, на высоте 5000 м – 85 мм, а на высоте 10 000 м – 41 мм рт. ст.

При подъеме на высоту до 2500–3000 м большинство людей не испытывают никаких расстройств. Изменения, наступающие в организме, на этих высотах могут проявляться только в некоторых нарушениях функций центральной нервной системы и усиленной деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем. На высоте 3500 м над уровнем моря обычно формируется симптомокомплекс, называемый высотной (горной) болезнью. Она может встречаться у альпинистов, летчиков при отсутствии приборов, предохраняющих их от влияния пониженного атмосферного давления. Высотная болезнь возникает в результате понижения атмосферного давления кислорода во вдыхаемом воздухе, что приводит к кислородному голоданию тканей. По мере снижения парциального давления кислорода уменьшается насыщаемость кислородом гемоглобина с последующим нарушением снабжения клеток и тканей кислородом. Резерв кислорода в организме не превышает 0,9 литра и определяется количеством растворенного кислорода в плазме. Этого количества достаточно на 5–6 мин жизни, после чего формируются явления кислородного голодания. Наибольшей чувствительностью к кислородной недостаточности обладают клетки головного мозга, так как кора потребляет в 30 раз больше кислорода на единицу массы, чем все другие ткани. В результате нарушения деятельности ЦНС появляются сонливость, головная

боль, нарушение координации движений, повышенная возбудимость, сменяющаяся депрессией. При более сильной гипоксии нарушается работа ССС (тахикардия, пульсация артерий сонной, височной, изменения ЭКГ, нарушается моторная и секреторная функция ЖКТ, меняется периферический состав крови). Для повышения устойчивости человеческого организма к условиям пониженного атмосферного давления необходима акклиматизация. Для акклиматизации к кислородной недостаточности следует проводить тренировки в барокамерах, пребывание в условиях высокогорья, закаливание, применение кислородных приборов и обеспечение спец. одеждой. Также положительное действие оказывает прием витаминов С, Р, В1, В2, В6, РР, фолиевой кислоты.

### **Методика определения уровней атмосферного давления**

**Определение атмосферного давления** производится с помощью **барометра-анероида**. Атмосферное давление измеряется в гектопаскалях (гПа) или мм рт. ст.  $1 \text{ гПа} = 1 \text{ г/см}^2 = 0,75 \text{ мм рт. ст.}$  Нормальное атмосферное давление в среднем колеблется в пределах  $1013 \pm 26,5 \text{ гПа}$  ( $760 \pm 20 \text{ мм рт. ст.}$ ).

Для непрерывной регистрации колебаний атмосферного давления используется самопишущий прибор – **барограф** (рисунок 1.11).

Он состоит из комплекта anerоидных коробок, реагирующих на изменение давления воздуха, передающего механизма, стрелки с пером и барабана с часовым механизмом. Колебания стенок коробки передаются с помощью системы рычагов на перо самописца. Запись колебаний давления ведется на бумажной ленте, укрепленной на вращающемся барабане.

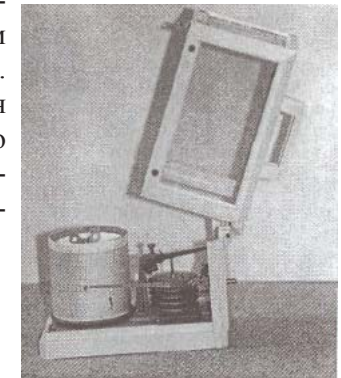


Рисунок 1.11 – Барограф

### 3. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферы и воздуха помещений

#### 1.3.1. Гигиеническая характеристика воздуха жилых и общественных зданий

Основными источниками загрязнения воздуха закрытых помещений являются атмосферный воздух, проникающий в помещение через оконные проемы и неплотности строительных конструкций, строительные и отделочные полимерные материалы. Разнообразные выделяющиеся в воздух токсичные для человека вещества, многие из которых являются опасными (бензол, толуол, циклогексан, ксилол, ацетон, бутанол, фенол, формальдегид, ацетальдегид, этиленгликоль, хлороформ), продукты жизнедеятельности человека и его бытовых занятий (антропоксины: угарный газ, аммиак, ацетон, углеводороды, сероводород, альдегиды, органические кислоты, диэтиламин, метилацетат, крезол, фенол и др.), накапливаются в воздухе неветилируемых помещений с большим числом людей. Наибольший суммарный риск имеют бензол, хлороформ, формальдегид. Присутствующие одновременно даже в небольших количествах, они свидетельствуют о неблагоприятии воздушной среды, оказывающей отрицательное воздействие на состояние умственной трудоспособности людей, находящихся в этих помещениях.

Кроме того, запыленный воздух, выдыхаемый людьми, по сравнению с атмосферным содержит меньше кислорода (до 15,1–16 %), в 100 раз больше углекислого газа (до 3,4–4,7 %), насыщен водяными парами, нагрет до температуры тела человека и деионизирован в процессе его прохождения через системы приточной вентиляции, из-за задержки легких положительных и отрицательных аэроионов в воздуховодах, калориферах и фильтрах приточных систем вентиляции или кондиционеров, в результате поглощения легких аэроионов в процессе дыхания людей, адсорбции их кожей и одеждой, а также за счет превращения легких аэроионов в тяжелые вследствие оседания их на частицах витающей в воздухе пыли.

Ионизация воздуха имеет гигиеническое значение, поскольку изменение ионизационного режима, т. е. соотношения легких и тя-

желых аэроионов может служить чувствительным индикатором санитарного состояния воздуха закрытых помещений (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Нормативные величины ионизации воздушной среды помещений в общественных зданиях

Уровень ионизации	Количество ионов в 1 см <sup>3</sup> воздуха	
	легких (+)	легких (-)
Минимально необходимый	400	600
Оптимальный	1500–3000	3000–5000
Максимально допустимый	30000	50000

Высокая степень ионизации воздуха за счет увеличения количества легких отрицательных аэроионов, благоприятно воздействует на самочувствие людей, повышает их работоспособность. Преобладание числа тяжелых положительных аэроионов над легкими отрицательными ионами характерно для душных, запыленных помещений, что вызывает сонливость, головную боль, снижение умственной работоспособности.

#### 1.3.2. Гигиеническое значение пыли и механических примесей в воздухе

Твердые вещества, находящиеся во взвешенном состоянии в атмосфере представляют собой пыль растительного, животного и искусственного происхождения.

Пыль участвует в ряде природных процессов, протекающих в атмосфере. Взвешенные в воздухе частицы пыли служат ядрами конденсации водяных паров, от содержания пыли в значительной степени зависят оптические свойства атмосферы. Взвешенные твердые частицы поглощают солнечную радиацию и одновременно уменьшают солнечное излучение. Этим они защищают поверхность земли от чрезмерного прогревания и препятствуют излишней теплоотдаче. Присутствие пыли в воздухе увеличивает турбулентность тропосферы, способствуя ее перемешиванию. Таким образом, пыль естественного происхождения является необходимым составным элементом атмосферы, обеспечивающим естественный ход природных процессов и явлений.



Со второй половины XIX в. в связи с интенсивным развитием промышленного производства, начал изменяться пылевой и газовый состав атмосферы. Эти изменения в естественном составе атмосферы, вызванные деятельностью человека, приводят к загрязнению воздуха.

Промышленная революция, вырубка лесов и распашка земель, эрозия почв, лесные и степные пожары – все это сопровождалось ростом запыленности воздуха. С конца XIX в. по наши дни количество пыли в атмосфере возросло почти в 20 раз. При сжигании топлива в атмосферу попадает огромное количество золы. Пятая часть цемента при его производстве выбрасывается через заводские трубы. Миллионы тонн пыли образуются на металлургических заводах, при электросварке, при износе трущихся металлических деталей и конструкций. Распыляется в воздух асфальт и бетон дорог, резина покрышек автомобилей. Химизация сельского хозяйства сопровождается попаданием в атмосферу все большего количества химических веществ.

Различают следующие виды естественной природной пыли: *космическая, вулканическая, морская, пыль лесных пожаров и наземная*, имеющая наибольшее гигиеническое значение, она состоит из почвенной и растительной пыли. Почвенная пыль населенных мест, расположенных в пустынных и полупустынных местностях, на 70–80 % состоит из минеральных соединений с высоким содержанием свободной двуокиси кремния, но опасность возникновения силикоза от нее низкая. К растительной пыли относится пыльца цветущих растений споры грибов и бактерий.

Пыль искусственного происхождения поступает в воздух при сжигании твердого топлива (угля) в виде золы, недожога, сажи. Зола представляет собой негорючие примеси к углю, недожог – несгоревшие частицы угля, сажа – продукт его неполного сгорания, являющийся наиболее вредным компонентом, так как содержит канцерогенные вещества: бенз(а)пирен, метилхолантрен, антрацен.

Пыль оказывает на человека косвенное и прямое неблагоприятное влияние. Косвенное воздействие пыли отмечается в снижении интенсивности солнечной радиации, способствует

образованию облачности и туманов, что приводит к снижению естественной освещенности помещений и как следствие – близорукости и рахита у детей, остеопороза у взрослых, способствует снижению бактерицидности УФ-излучения и развитию патогенных микроорганизмов в окружающей среде.

Таблица 1.8 – Количество аэрозолей, поступающих от разных источников

Источник	Количество аэрозолей (x 10 <sup>6</sup> т/год)
Морские соли	350–650
Почвенная пыль	200–300
Вулканы	70–80
Лесные пожары	70–75
Сжигание топлива	24–30
Выбросы промышленности	12–15
Сельское хозяйство	4–5
Всего	730–1145

Прямое воздействие пыли: *раздражающее, механическое, канцерогенное, токсическое, эпидемиологическое, фиброгенное, кариезогенное, лучевое, аллергенное* – чаще всего наблюдается в условиях производства и рассматривается в разделе Гигиена труда.

### 1.3.3. Оценка химической загрязненности воздуха

#### *Отбор проб воздуха для анализов*

Анализ атмосферного воздуха и воздуха помещений может производиться в пробах, которые отбираются однократно. Для обнаружения максимальных концентраций вредных аэрозолей и газов, например, в момент наибольшего выброса загрязнений, с подветренной стороны от источника загрязнения, а также в среднесуточных пробах, когда воздух отбирают непрерывно в течение суток или не менее 4 раз в сутки через равные интервалы с усреднением полученных данных. Продолжительность отбора (не более 15–20 мин) зависит от чувствительности метода и от содержания примесей вредных веществ в воздухе. Отбор



проб воздуха для анализа принято производить в зоне дыхания взрослого человека, т. е. на высоте 1,5 м от пола. Если для анализа требуется сравнительно небольшой объем воздуха, пробы отбирают в газовые пипетки, откалиброванные бутылки, резиновые камеры или пластмассовые мешки. При отборе больших количеств воздуха его пропускают с помощью аспирационного устройства (водяного или электрического аспиратора) через специальные поглотители или фильтры, задерживающие исследуемый газ или аэрозоль. Скорость втягивания воздуха в электроаспираторе определяется по шкале реометров, отградуированной в литрах в 1 мин (л/мин). Два реометра – справа (от 0 до 3 л/мин) служат для отбора проб воздуха с целью определения в нем содержания газов, еще два реометра – слева (от 0 до 20 л/мин) служат для отбора проб воздуха с целью определения в нем содержания пыли и других аэрозолей. В зависимости от метода химического анализа в качестве поглотительных сред для паров и газов используются твердые сорбенты (активированный уголь, силикагель, графит, каолин), полимерные сорбенты (порапак, полисорб, хромосорб, тенакс), поглотительные растворы. Для определения в воздухе высокодисперсных аэрозолей (дымов, туманов, пыли) применяются различные фильтры (АФА).

Пробы воздуха отбираются в различных температурных условиях, поэтому для получения сопоставимых результатов исследований его объем необходимо привести к нормальным условиям, т.е. к температуре 0 °С и барометрическому давлению 760 мм рт. ст. Расчет проводится по формуле:

$$V_0 = [V_1 \cdot 273 \cdot B] / [(273 + t^{\circ}) 760],$$

где  $V_0$  – объем воздуха при  $t^{\circ} = 0$  °С и  $B = 760$  мм рт.ст.;  $V_1$  – объем воздуха, взятый для анализа;  $B$  – атмосферное давление, мм рт. ст.;  $t^{\circ}$  – температура воздуха в момент отбора проб воздуха, °С;  $273$  – коэффициент расширения газов.

В таблице 1.9 приведены предельно допустимые концентрации химических элементов в атмосферном воздухе (извлечения из ГН 2.1.6.695–98).

Таблица 1.9 – Предельно допустимые концентрации химических веществ в атмосферном воздухе

Вещество	ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Аммиак	0,20	0,04
Анилин	0,05	0,03
Ацетон	0,35	0,35
Бензин	5,00	1,50
Бензол	0,30	0,10
Двуокись азота	0,85	0,04
Дихлорэтан	3,00	0,10
Окись углерода	5,00	3,00
Ртуть	-	0,0003
Свинец	0,001	0,0003
Сернистый ангидрид	0,50	0,05
Сероводород	0,008	-
Серовуглерод	0,03	0,005
Фтористый водород	0,02	0,005
Хлор	0,10	0,03
Пыль нетоксичная	0,50	0,15

#### 1.3.4. Гигиеническая оценка микробной обсемененности воздушной среды помещений

В воздух поступает значительное количество патогенных микробов. Пыль в воздухе помещений обладает сорбционной способностью, разнообразна по химическому составу и происхождению. Сорбционная способность частиц пыли способствует увеличению поступления в дыхательные пути химических веществ, мигрирующих в воздух из отделочных и строительных материалов, также является фактором передачи инфекционных болезней с аэрозольным механизмом передачи и бактериальных инфекций (например, туберкулеза), грибы родов *Penicillium* и *Mukor*, *Candida* вызывают аллергические заболевания.

Источниками микробного загрязнения воздуха в стационарах всех типов являются медицинский персонал и больные, страдающие стертыми (бессимптомными) формами инфекционных

болезней, а также носители полирезистентных к антибиотикам штаммов патогенных и условно патогенных микроорганизмов.

Биологическими компонентами, содержащимися в пыли помещений, являются микрофлора (бактерии, вирусы и микроскопические грибы) верхних дыхательных путей, кожи, микроскопические клещи, споры плесневых грибов. Санитарно-показательными микроорганизмами в воздухе закрытых помещений являются стафилококки, зеленящие стрептококки, а показателями прямой эпидемической опасности гемолитические стрептококки. Несмотря на сравнительно короткий срок пребывания в воздухе, микробы создают эпидемическую опасность для человека.

Нормативов содержания микроорганизмов в воздухе жилых помещений нет. Нормативы бактериальной чистоты производственных помещений (больниц, аптек) разработаны в зависимости от их функционального назначения с учетом интенсивности бактериальной обсемененности и риска возникновения внутрибольничных инфекций. В соответствии с нормативными документами (СанПиН 2.1.3.1375–03) бактериальную чистоту воздуха оценивают дифференцированно по общему количеству микроорганизмов в 1 м<sup>3</sup> воздуха, а в помещениях классов А, Б, и В необходимо контролировать наличие колоний *Staphylococcus aureus*, которые не должны определяться в 1 м<sup>3</sup> воздуха, плесневых и дрожжевых грибов, которые не должны определяться в 1 дм<sup>3</sup> воздуха.

Одним из эффективных методов обеззараживания воздуха является использование бактерицидного действия ультрафиолетовых лучей с длиной волны 254–257 нм. В целях санации воздуха лечебных помещений в настоящее время применяются бактерицидные увиолевые лампы БУВ-15, БУВ-30, представляющие собой газоразрядные ртутные лампы низкого давления. Лампы сделаны в виде трубок разной длины из увиолевого стекла и наполнены газовой смесью, состоящей из паров ртути и аргона. В концы трубок впаяны вольфрамовые электроды. При пропускании тока через трубку возникает газовый разряд, в результате которого происходит свечение. Увиолевое стекло лампы пропускает УФ-лучи, убивающие микробы, обеспечивая при этом высокий обеззараживающий эффект.

**Надежный бактерицидный эффект** достигается при работе бактерицидных облучателей **в течение двух часов при мощности ламп 3 Вт на 1 м<sup>3</sup>**. При длительной работе бактерицидных ламп в воздухе помещений могут накапливаться озон и окись азота в количестве, превышающих ПДК этих веществ, поэтому использование ультрафиолетового облучения требует соблюдения правил техники безопасности. В присутствии работающих рекомендуется применять экранированные бактерицидные лампы мощностью 1 Вт на 1 м<sup>3</sup>, а в отсутствие людей используются бактерицидные лампы открытого типа мощностью 3 Вт на 1 м<sup>3</sup>. ПБО (передвижные бактериооблучатели) и НБО (не передвижные бактериооблучатели) являются стационарными бактерицидными установками. В настоящее время в лечебно-профилактических учреждениях и аптеках применяются передвижные бактерицидные облучатели, что позволяет более эффективно обеззараживать воздух.

#### **Методика определения микробного загрязнения воздуха**

Определение количества бактерий осуществляется **седиментационным или аспирационным методами**.

**Седиментационный метод** основан на естественном осаждении бактерий из воздуха на чашку Петри с плотной питательной средой и последующим выдерживанием чашек в термостате в течение двух суток при температуре 37 °С и подсчетом колоний, выросших за это время на всей площади чашки.

Принцип **аспирационного метода** – аспирация определенного объема воздуха с высеванием содержащихся в нем бактерий на поверхность питательной среды проводится с применением шелевого прибора Кротова (рисунок 1.12) или с помощью микробиологического импактора воздуха «Флора-100».

Прибор Кротова представляет собой цилиндр со съемной

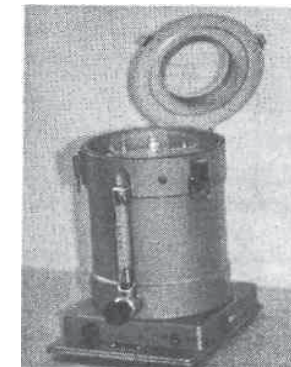


Рисунок 1.12 – Прибор Кротова для бактериологического исследования воздуха

крышкой, в котором находится электромотор с центробежным вентилятором. Принцип работы прибора основан на инерционном осаждении частиц аэрозоля на поверхность питательной среды. Исследуемый воздух всасывается со скоростью 20–25 л/мин через клиновидную щель в крышке прибора, воздух ударяется о поверхность плотной питательной среды, и микробы задерживаются на ее влажной поверхности. Для равномерного посева микробов чашка Петри с питательной средой помещается на подставку, вращающуюся со скоростью 1 оборот в 1 с.

Скорость аспирации воздуха регулируется по микроанометру (реометру) прибора. Общий объем пробы при значительном загрязнении воздуха должен составлять 40–50 л, при незначительном загрязнении более 100 л. Продолжительность аспирации 2–5 мин, в среднем от 1 до 3 мин. После инкубирования отобранных проб в термостате при температуре 37 °С в течение 1–2 суток, в зависимости от выделяемых микроорганизмов производится подсчет выросших колоний. Учитывая объем взятой пробы воздуха, вычисляется количество микробов в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

Импактор «Флора-100» – современная модель прибора для улавливания бактерий из воздуха – работает в автоматическом режиме и превосходит прибор Кротова по техническим характеристикам.

Определение количества микроорганизмов в воздухе служит одним из гигиенических критериев его чистоты. О степени бактериального загрязнения воздуха судят по общему количеству бактерий, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Кроме того, оценку воздуха можно дать по содержанию санитарно-показательных микроорганизмов (разных видов стрептококков и стафилококков) обычных обитателей слизистых оболочек дыхательных путей человека. Содержание микроорганизмов в воздухе различно в разные сезоны года. В холодный период воздух имеет меньшее микробное загрязнение, а летом воздух больше загрязняется микробами, поступающими в него в большом количестве вместе с частичками почвенной пыли. В качестве ориентировочных показателей оценки бактериального загрязнения воздуха в жилых помещениях используются предложенные А.И. Шафиром следующие величины (таблица 1.10).

Таблица 1.10 – Оценка чистоты воздуха по бактериологическим показателям

Оценка чистоты воздуха	Содержание микроорганизмов в 1 м <sup>3</sup> воздуха			
	Летний период (апрель–сентябрь)		Зимний период (октябрь–март)	
	всего микроорганизмов	гемолитического стрептококка	всего микроорганизмов	гемолитического стрептококка
Чистый	<3500	<24	<5000	<52
Умеренно загрязненный	3500–5000	24–52	5000–7000	52–124
Загрязненный	>5000	>52	>7000	>124

Воздействие различных факторов на человека внутри помещения может вызвать нарушения состояния его здоровья, т.е. **«заболевания, связанные со зданием»**, например, парами формальдегида, выделяющегося из полимерных и древесно-стружечных материалов.

Симптомы заболевания сохраняются долго, даже после устранения источника вредного воздействия. **«Синдром больного здания»** проявляется в виде острых нарушений состояния здоровья и дискомфорта (головной боли, раздражения глаз, носа и органов дыхания, сухого кашля, сухости и зуда кожи, слабости, тошноте, повышенной утомляемости, восприимчивости к запахам), возникающих в конкретных помещениях и почти полностью исчезающих при выходе из него. Развитию этого синдрома способствует комбинированное и сочетанное воздействие химических, физических (температура, влажность) и биологических (бактерии, неизвестные вирусы и др.) факторов. Также формируется **синдром хронической усталости (синдром иммунной дисфункции)**, т.е. ощущения выраженной усталости, отмечающейся на протяжении не менее 6 мес. и сочетающейся с нарушением кратковременной памяти, дезориентацией, нарушением речи и затруднением при вы-

Таблица 1.11 – Допустимые уровни бактериальной обсемененности воздуха в некоторых отделениях стационаров

Место отбора проб	Условия работы	Общее количество колоний в 1 м <sup>3</sup> воздуха	Количество золотистого стафилококка в 1 м <sup>3</sup> воздуха	Количество грамотрицательных бактерий в 1 м <sup>3</sup> воздуха
Операционные (обеспеченные 10–20 и более кратным воздухообменом)	Подготовленные к работе	Не более 100	Не должно быть	Не должно быть
Реанимационное отделение (палаты)		Не более 1000	Не более 4	Не должно быть
Боксы	Перед помещением больного в палату	Не более 50	Не должно быть	Не должно быть
	Во время пребывания больного в палате	Не более 250	Не более 1–2	Не более 1–2
Процедурная	До начала работы	Не более 50	Не должно быть	Не должно быть
	Во время работы	Не более 2000	Не более 1–2	Не более 1

полнении счетных операций. **Синдром множественной химической чувствительности** характеризуется нарушением процессов адаптации организма к действию различных факторов на фоне наследственной или приобретенной чувствительности к химическим веществам, чаще всего развивается у людей, имевших в прошлом

острые отравления химическими веществами (органическими растворителями, пестицидами и раздражающими веществами).

Изменение физико-химических свойств воздуха неблагоприятно сказывается на самочувствии человека и его работоспособности. Качество воздушной среды принято оценивать косвенно по интегральному *санитарному показателю* чистоты воздуха – **содержанию углекислого газа (показателю Петтенкофера)**, а в качестве предельно допустимого норматива (ПДК) следует использовать его концентрацию в помещениях – **1,0 ‰ или 0,1 ‰** (1000 см<sup>3</sup> в 1 м<sup>3</sup>). Углекислый газ постоянно выделяется в воздух закрытых помещений при дыхании, наиболее доступен простому определению и имеет достоверную прямую корреляцию с суммарным загрязнением воздуха. Показатель Петтенкофера является не предельно допустимой концентрацией самого диоксида углерода, а показателем вредности концентраций многочисленных метаболитов человека, накопившихся в воздухе параллельно с диоксидом углерода. Более высокое содержание CO<sub>2</sub> (>1,0 ‰) сопровождается суммарным изменением химического состава и физическим свойством воздуха в помещении, которые неблагоприятно влияют на состояние находящихся в нем людей, хотя сам по себе диоксид углерода и в значительно более высоких концентрациях не проявляет токсические для человека свойства. При оценке качества воздуха и проектировании систем вентиляции помещений с большим количеством людей содержание диоксида углерода служит основной расчетной величиной.

Мерами предупреждения загрязнения воздуха помещений является их проветривание, если это возможно, соблюдение чистоты путем регулярной влажной уборки помещений, соблюдение установленных норм площади и кубатуры помещений, санация воздуха с помощью дезинфицирующих средств и бактерицидных ламп.

### 1.3.5. Системы вентиляции и их гигиеническая характеристика

**Вентиляция** – это организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха загряз-



ненного бытовыми промышленными вредностями. По способу подачи в помещение воздуха и удаления его, вентиляцию делят на:

- естественную;
- механическую; (приточно-вытяжную);
- смешанную.

По назначению вентиляция может быть общеобменной и местной.

Естественная вентиляция создает необходимый воздухообмен за счет разной плотности теплого и холодного воздуха, находящегося внутри помещения и более холодного снаружи, а также за счет ветра.

Организованный и регулируемый естественный воздухообмен называется *аэрацией*.

Различают *бесканальную* и *канальную* аэрацию. Первая осуществляется при помощи форточек и фрагуг (поступление воздуха) и вытяжных фонарей (выход воздуха), рекомендуется в помещениях большого объема и в цехах с большими избытками тепла. Канальная аэрация обычно устраивается в небольших помещениях и состоит из каналов в стенах, а на выходе каналов, на крышках устанавливаются дефлекторы – устройства, создающие тягу при обдувании их ветром.

Естественная вентиляция экономична и проста в эксплуатации. Недостатками ее является то, что воздух не подвергается очистке и подогреву при поступлении, удаляемый воздух также не очищается и загрязняет атмосферу.

Механическая вентиляция состоит из воздуховодов и побудителей движения (механических вентиляторов или эжекторов).

Воздухообмен осуществляется независимо от внешних метеорологических условий, при этом поступающий воздух может подогреваться или охлаждаться, подвергаться увлажнению либо осушению. Выбрасываемый воздух должен подвергаться очистке.

*Механическая общеобменная вентиляция* может быть:

- а) приточной;
- б) вытяжной;
- в) приточно-вытяжной.

Местная вытяжная вентиляция: а – вытяжной шкаф; б – вытяжной зонт; в – бортовые отсосы.

Приточная система вентиляции производит забор воздуха через воздухозаборное устройство, затем воздух проходит через калорифер, где он нагревается и увлажняется, а вентилятором подается по воздухопроводам в помещение через насадки для регулировки притока воздуха. Загрязненный воздух вытесняется через двери, окна, фонари, щели. Вытяжная вентиляция удаляет загрязненный и перегретый воздух через воздухоотводы и очиститель, а свежий воздух поступает через окна, двери и неплотности конструкций.

Приточно-вытяжная система вентиляции состоит из приточной и вытяжной, работающих одновременно.

Местная вентиляция проветривает места непосредственного выделения вредностей, и она также может быть приточной или вытяжной. Вытяжная вентиляция удаляет загрязненный воздух по воздуховодам; воздух забирается через воздухоприемники, которые могут быть выполнены в виде:

- вытяжного шкафа;
- вытяжного зонта;
- бортовых отсосов.

Местные отсосы устраиваются непосредственно у мест выделения вредностей: у электро- и газосварочных рабочих мест, в зарядных отделениях аккумуляторных цехов, у гальванических ванн.

Для улучшения микроклимата ограниченной зоны помещения применяется местная приточная вентиляция в виде воздушного душа, воздушного оазиса – участка с чистым прохладным воздухом, воздушной завесы.

Воздушная завеса применяется для предотвращения поступления в помещение наружного холодного воздуха. Для этого в нижней части проема устраивается воздухоотвод со щелью, из которой теплый воздух подается навстречу потоку холодного под углом 30–45 град. со скоростью 10–15 м/сек.

**Оценка вентиляции:**

При оценке вентиляции необходимо учитывать такое понятие, как воздушный куб, т. е. объем воздуха в помещении, приходящий-



ся на одного человека. Так, в жилых помещениях минимальный воздушный куб на одного человека должен быть 35 куб. метров. Эффективность вентиляции оценивается по кратности воздухообмена. Для оценки кратности воздухообмена используются:

1. Определение кратности воздухообмена по вентиляционному отверстию.

2. Определение кратности воздухообмена по выдыхаемой человеком углекислоте в час (22,6 л в час – выдыхает человек в обычном состоянии, без физической нагрузки).

1. Расчет кратности воздухообмена  $R$  при централизованной вентиляции производят по формуле:

$$R = \frac{V}{K},$$

где  $V$  – объем поступающего в помещении или удаляемого воздуха в течение 1 часа, в куб. метрах;  $K$  – кубатура помещения, в куб. метрах. Объем поступающего или удаляемого воздуха рассчитывают по формуле:

$$V = S \cdot Q \cdot 3600,$$

где  $S$  – площадь вентиляционного отверстия в кв. метрах;  $Q$  – скорость движения воздуха в отверстии, метров в сек;  $3600$  с – пересчет на 1 час.

Скорость движения воздуха измеряют с помощью крыльчатого анемометра, который приставляют вплотную к решетке, закрывающей вентиляционный канал, и в течение 3 мин передвигают его по всей площади решетки, чтобы получить средние данные, так как скорость движения воздуха неодинакова во всех точках отверстия канала. Если в помещении имеется несколько вентиляционных отверстий, то скорость движения и объем проходящего воздуха определяют в каждом из них и результаты суммируют отдельно по приточным и вытяжным каналам.

2. При расчете кратности вентиляции по углекислому газу, вначале определяют необходимый объем воздуха на человека в час по формуле:

$$L = \frac{D}{P - q},$$

где  $L$  – необходимый воздухообмен, кубометров в час;  $D$  – выделение углекислоты в помещении, литров в час;  $P$  – предельно допустимое содержание углекислоты в воздухе жилых помещений – 1 %;  $q$  – содержание углекислоты в наружном воздухе – 0,04 %.

**Действия по санитарной охране атмосферного воздуха** включают в себя планировочные, санитарно-технические и технологические мероприятия.

### **Планировочные мероприятия**

К основным планировочным мероприятиям относятся расположение промышленных предприятий вне жилых кварталов на достаточном расстоянии от них с подветренной стороны населенного пункта. Между промышленными предприятиями и жилой застройкой предусматривают санитарно-защитные зоны, используемые для создания защитных зеленых барьеров (парки, сады и т. д.). Величину разрыва определяет характер промышленного предприятия (степень вредности для окружающего населения).

По действующему законодательству промышленные предприятия в зависимости от степени вредности выбросов разбиты на пять классов. Для предприятий 1-го класса (наиболее вредные выбросы) минимальный разрыв установлен 1000 м, 2-й – 500 м; 3-й – 300 м; 4-й – 100 м и 5-й класс – 50 м.

Промышленные предприятия обычно располагают на возвышенных местах, что увеличивает высоту выброса и разбавление дыма воздушными потоками. При профилактике загрязнения воздуха населенных мест пылью используют рациональную планировку улиц (улицы должны иметь достаточную ширину и хорошо вентилироваться), замощение улиц, их озеленение и уход за ними (уборка и поливка улиц). Мероприятия в закрытых помещениях заключаются в недопущении заноса пыли на одежду и обуви, рациональном оборудовании и отделке помещений, влажной уборкой и регулярном проветривании.

**Санитарно-технические** мероприятия проводятся на промышленных предприятиях с целью уменьшения выбросов в атмосферу. Весьма большое значение имеет рационализация

процесса сжигания угля. Обеспечение более полного сгорания топлива может быть достигнуто путем усовершенствования устройства топок и улучшения их эксплуатации. В ряде случаев практикуют обогащение углей (удаление минеральной части топлива, дающей много золы, удаление серного колчедана и т. д.). Большое значение имеет устройство высоких дымовых труб, что способствует рассеиванию выбросов в воздухе. Особенно полезным в последние годы оказался перевод промышленных предприятий на газообразное топливо. В настоящее время стала возможной замена твердого топлива на использование возобновляемых источников энергии с помощью солнечных батарей (коллекторов солнечной энергии), солнечных печей ветрогенераторов и т. д.

## **ГЛАВА 2. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И МЕТОДАМ ЕЁ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ**

### **2.1. Гигиенические требования к источникам хозяйственно-питьевого водоснабжения**

Качество питьевой воды с гигиенической точки зрения должно соответствовать гигиеническим требованиям и оценивается по отсутствию прямого или косвенного неблагоприятного, влияния ее на здоровье населения. Прямое воздействие осуществляется при наличии в воде болезнетворных микроорганизмов и инвазий, возбудителей инфекционных и неинфекционных заболеваний и химических примесей. Косвенное влияние выражается в ограничении водопользования при наличии таких неприятных органолептических свойств воды как: мутность, неприятный запах, привкус, цвет.

Причины изменения органолептических свойств воды различны. Для поверхностных водоисточников это, прежде всего, почвенные загрязнения, поступающие со сточными водами. Проявление запаха и привкуса может быть связано с цветением воды в результате отмирания водорослей и разложения другой растительности на дне водоемов. Окраска воды чаще всего зависит от присутствия в ней гумусовых веществ почвенного, растительного и планктонного происхождения. Для подземных вод основной причиной ухудшения органолептических свойств воды является её высокая минерализация в силу содержания повышенных концентраций хлоридов и сульфатов натрия, реже кальция и магния, поступающих в подземные водоносные горизонты с недостаточно очищенными бытовыми и особенно производственными стоками.

На формирование химического состава пресных подземных вод оказывают влияние многие природные факторы. Ведущим из них является физико-химическое взаимодействие воды с вмещающими породами разнообразного состава и структурами при движении воды от областей питания к участкам разгрузки или погружения водоносного горизонта. На химический состав

подземных вод большое влияние оказывают воды, поступающие в водоносный горизонт из различных источников питания:

- за счет просачивания атмосферных осадков;
- разгрузки глубоко залегающих подземных вод;
- перетекания воды из других водоносных горизонтов через слабо проницаемые слои и литологические окна;
- привлечением речного стока, оросительных вод и других источников.

Так на участках берегового водозабора качество забираемой воды формируется под влиянием смешения подземных вод, поступающих со стороны речных террас, из реки и инфильтрационного бассейна.

В составе природных подземных вод, в зависимости от их состава и содержания, выделяют макрокомпоненты и микрокомпоненты. К макрокомпонентам относят хлориды, сульфаты, бикарбонаты, натрия, магний, кальций, калий.

Природные аномалии подземных вод отмечаются в районах, где подземные воды залегают в отложениях, обогащенных некоторыми неорганическими и органическими веществами (железа, меди, свинца, ртути, цинка, хлорида калия и натрия, угля, торфа). Ухудшение качества подземных вод наблюдается также на прибрежных участках долин, где постоянное или периодическое питание подземных вод обеспечивается речной водой, имеющей повышенную минерализацию и жесткость. Повышенную минерализацию могут иметь подземные воды, контактирующие с солеными морскими водами, и грунтовые воды в аридных и полуаридных областях, где испарение преобладает над осадками. Многообразие химического состава указывает на необходимость детального изучения структурного состава подземных вод.

Большую роль играет также вовлечение дополнительных источников питания в виде фильтрации атмосферных осадков из поверхностных водотоков и водоемов. При этом могут поступать более минерализованные воды из нижележащих водоносных горизонтов, загрязненных поверхностными водами.

Понижение уровня грунтовых вод на участке водозабора изменяет окислительно-восстановительную обстановку в осушен-

ной части водоносного горизонта; это может привести, в частности, к увеличению в воде концентраций сульфатов, железа, кальция магния вследствие окисления пирита, содержащегося в породах тонкодисперсного состава.

Для большинства типов месторождений пресных подземных вод характерна связь с атмосферой, при этом одним из существенных или даже главных источников питания являются атмосферные осадки. Эта связь при работе водозаборов может усиливаться, поэтому состав поверхностных (ливневых, талых, речных) вод оказывает большое влияние на качество подземных вод. В последние десятилетия основной причиной ухудшения качества подземной воды стала антропогенная деятельность.

Антропогенное влияние на подземные воды стало особенно ощутимым в связи с развитием и интенсификацией промышленности, сельского хозяйства, ростом городов и расширением урбанизированных территорий. Данное влияние проявляется истощением запасов подземных вод, ухудшением их качества: при этом в подземных водах может увеличиться содержание компонентов, характеризующих их природный состав (хлориды, сульфаты, железо и др.). Вещества антропогенного происхождения попадают в подземные воды из промышленных и коммунально-бытовых стоков и отходов, в результате утечки технологических жидкостей, при растворении атмосферными осадками сырья, твердых отходов, продуктов промышленности и транспорта, в результате загрязнения атмосферного воздуха. Биологическое загрязнение подземных вод вызывается микроорганизмами, поступающими при инфильтрации фекальных и коммунально-бытовых сточных вод из выгребных ям, канализационной сети.

По масштабу влияния на водоносные горизонты выделяют локальные и региональные загрязнения подземных вод. При действии многочисленных локальных источников, совокупность которых обуславливает площадный характер загрязнения, оно становится региональным. Такое загрязнение характерно для урбанизированных территорий. В таких районах кроме постоянных утечек и аварийных разливов сточных технологических вод из цехов, коммуникаций, различных емкостей для хранения жидко-

го и твердого сырья, продуктов отходов производства, большую роль в загрязнении подземных вод играют выбросы предприятий и теплоэнергетических установок, поступающих на поверхность земли с атмосферными осадками.

Ухудшение качества подземных вод сделало актуальным проблему оценки естественной защищенности подземных вод и их охраны от загрязнения. Значимость данной проблемы возрастает в связи с продолжающейся урбанизацией, химизацией сельского хозяйства и быта.

Влияние питьевых вод на физиологические функции организма зависит от степени их минерализации, сочетания солей и от исходного состояния организма. Установлено, что высокая жесткость воды, обусловленная повышенным содержанием кальция и магния, при низких концентрациях фтора, способствует снижению заболеваемости кариесом.

Избыточное поступление бикарбоната кальция нарушает пуриновый и йодный обмен, обуславливает увеличение частоты случаев заболеваний мочевыделительной системы, костей, суставов и мышц. Повышенная минерализация воды отрицательно влияет на менструальную, детородную функцию женского организма, течение беременности, родов, на плод и новорожденного. Длительное употребление жесткой воды ведет к увеличению гинекологических заболеваний у женщин. При высоких концентрациях кальция в питьевой воде, превышающем содержание магния в 1,5–4,5 раза, возрастает на 25 % частота заболеваний органов пищеварения, в том числе желчекаменной болезнью, холециститом на 20 %, а также мочеполовой и костно-мышечной систем на 13 %, сахарным диабетом на 25 %, всеми формами рака на 13 %.

Доказано неблагоприятное влияние и маломинерализованных вод на организм. Уровень смертности от ишемической болезни сердца в районах с мягкой питьевой водой выше, чем в районах с жесткой питьевой водой. Предполагается, что низкий уровень магния в воде может быть фактором увеличения смертности от сердечнососудистых заболеваний в районах с мягкой питьевой водой. Магний участвует во многих окислительных, синтетических и транспортных процессах сердечной мышцы. Установле-

на связь артериальной гипертензии с длительным потреблением мягкой питьевой воды. У детей, потребляющих мягкую воду, отмечается функциональное напряжение сердечно-сосудистой системы, снижение ее функциональных возможностей и склонность к развитию гипертензии.

Распространенность сердечно-сосудистой патологии находится в определенной зависимости от жесткости воды и концентрации кальция, магния и натрия.

Доказана связь поражения зубов и возникновение пародонтоза с низким содержанием в воде кальция, магния, фтора, меди, цинка.

Большая концентрация меди делает воду органолептически непригодной, сильно раздражают слизистые желудочно-кишечного тракта. Соли цинка, особенно сульфаты, также являются раздражителями желудочно-кишечного тракта.

Поступление свинца в организм с питьевой водой составляет лишь несколько процентов от количества свинца, поступающего с пищей и воздухом. Основным источником свинца в воде – это сплавы, используемые при соединении водопроводных труб. Существует утверждение, что содержание свинца в хлорированной водопроводной воде больше, чем в не хлорированной. При суточном потреблении 5 литров воды общее количество полученного свинца составит 15 мкг/л – 6 % от пищевого свинца. Но даже малые дозы его при длительном употреблении ведут к хронической интоксикации. Картина хронической интоксикации у людей изучена подробно. Возникают изменения в ЦНС, проявляющиеся головной болью, головокружением, повышенной утомляемостью, раздражительностью, нарушением сна, ухудшением памяти, мышечной гипотонией, потливостью. Длительное воздействие свинца способствует развитию атеросклероза.

С водой, пищей и воздухом ежедневно в организм поступает до 0,2 мг кадмия. К характерным болезням, связанным с токсическим действием кадмия следует отнести гипертонию, ишемическую болезнь сердца, почечную недостаточность, бронхиты, фарингиты. Наиболее серьезным последствием кадмиевой интоксикации является снижение интенсивности функционирования



почек, ведущее к уменьшению вывода из организма токсинов, для которых почечная фильтрация является основным каналом их удаления.

Кадмий, будучи аналогом цинка, относится к жизненно необходимым веществам, способным замещать цинк в цинкосодержащих ферментах, но с потерей их ферментных свойств.

Ранее считалось, что поступление в воду ртути безопасно, так как она якобы остается неизменной. В организм человека ртуть поступает в наибольшем количестве с рыбопродуктами, оказывая выраженное влияние на функции печени, почек, обмен веществ.

Алюминий содержится в питьевой воде, подвергающейся осветлению в процессе коагуляции. Многократное превышение концентрации алюминия от нормы характерно для озерной и речной воды в регионах, подверженных действию кислотных дождей, за счет растворения природных малорастворимых алюмосиликатных пород. При избыточном поступлении алюминия в организм он влияет на красные и белые кровяные тельца и кислотно-щелочное равновесие.

Высоко влияние на население химических веществ, находящихся в воде. Многочисленные наблюдения показали появление в воде более токсичных продуктов в результате трансформации их в водной среде под действием многих физических, химических, химических и биологических факторов. Из числа изученных микроэлементов хорошо известна патология населения, связанная с недостаточностью йода в питьевой воде. При избытке фтора в воде возникает флюороз. Недостаток в питьевой воде фтора ведет к кариесной патологии зубов.

Повышенное количество солей натрия в питьевой воде способствует росту сердечно-сосудистой патологии. Избыток молибдена ведет к появлению «молибденовой подагры», а при его недостатке появляется предрасположенность к развитию эндемического зоба. Нередко при неинтенсивном, но постоянном загрязнении воды наблюдаются хронически протекающие водные эпидемии.

Водный путь распространения свойственен холере, брюшному тифу, паратифу. К вирусам, передающимся через воду, от-

носятся вирусные гепатиты А и В, полиомиелит, аденовирусы, болезнь Коксаки. К водным инфекциям относят лептоспирозы и туляремию, не исключается возможность заражения туберкулезом.

## 2.2. Поверхностные водоисточники

К открытым, или поверхностным водоисточникам, относятся реки, озера, водохранилища, каналы, пруды, родники.

Для этих водоисточников характерна низкая минерализация, большое количество взвешенных веществ, высокий уровень микробного загрязнения, колебания расхода воды в зависимости от времени года и метеорологических условий. Величина активной реакции находится в диапазоне рН 6,5–8,5. Часто отмечается интенсивное техногенное загрязнение их в результате сброса промышленных, поливных, хозяйственно-бытовых сточных вод, массового купания и других причин. Добавляется также чрезмерное развитие микроскопических одноклеточных водорослей – так называемое цветение вод, способное в значительной мере ухудшить органолептические свойства воды и придать ей аллергенные свойства.

Поэтому использование поверхностных водоисточников нуждается в предварительной обработке и обеззараживании воды с целью улучшения ее органолептических свойств.

Открытые водоемы, в силу естественных особенностей их режима водопользования и свойств воды, не могут отличаться постоянством. Ледяной покров, дожди и паводки неизбежно вызывают изменения, как количества, так и качества воды.

Химический состав воды зависит от спуска городских и промышленных сточных вод, массовых купаний, удобрения сельскохозяйственных площадей на склонах берегов. Наиболее существенна в этом отношении роль сточных вод, которые могут при неупорядоченном выпуске вызывать резкую денатурацию физических и химических свойств и состава воды, и создавать опасность заражения.

Особенности состава и свойств речной воды зависят и от природных условий. Желтый цвет (цветность до 65°) и высокая окисляемость (до 15–16 мг O<sub>2</sub>/л) воды может быть обусловлена

наличием гуминовых веществ. Таким образом, в результате естественных условий и воздействия извне физические свойства, химический состав и содержание бактерий в речной воде колеблются в широких пределах в одних реках по сравнению с другими и в одной и той же реке в разное время.

**Озера** разнообразны по размерам, глубине, режиму стока и составу воды. Пресные озера формируются, в основном, за счет стока впадающих в них рек, состав воды близок к речной воде. В озерах осадение взвеси происходит с большей полнотой. Ил, органические вещества в донные отложения содержатся в значительном количестве, в них идут энергичные биохимические процессы.

На глубине 10 м и более вода отличается высокой чистотой в бактериальном отношении, а ее температура и химический состав колеблются в узких пределах. Вместе с тем загрязненные стоки, поступаая в озеро, могут оказывать влияние на значительном расстоянии при отсутствии выраженного течения.

**Искусственные водохранилища** возникли в связи с развитием промышленности и строительством гидроэлектростанций, созданием новых и ростом старых городов и рабочих поселков. Чтобы создать запасы воды и сосредоточить их вблизи потребителей, на реках были построены плотины, задерживающие и накапливающие огромные запасы воды за счет, как постоянного стока, так и стока дождевых и талых вод.

Характерной особенностью водохранилищ является постепенное повышение в них концентрации минеральных солей. Происходит это в основном в связи с испарением воды с поверхности водохранилища. Чем больше отношение площади водохранилища к массе воды, тем сильнее выражена в нем минерализация.

Другая особенность водохранилищ – летнее цветение воды в результате бурного разрастания водорослей, главным образом сине-зеленых, за счет поступления избыточного количества биогенных веществ. Последующее массовое отмирание водорослей приводит к обогащению воды разлагающейся органической массой, появлению сероводорода, падению содержания растворенного кислорода и замору рыбы. Кроме того, огромное количество

водорослей попадает на очистные сооружения водопроводов, забивает фильтры, чрезвычайно осложняет их эксплуатацию. Вода в водохранилищах в большинстве случаев обладает хорошими бактериологическими свойствами, прослеженными в динамике, свидетельствующими об интенсивном ходе процессов самоочищения. Для предотвращения порчи воды большое значение имеет очистка чаши водохранилища до ее затопления, чтобы устранить все, что может служить причиной ухудшения органолептических свойств, химических особенностей воды и ликвидировать источники возможного ее заражения. Водоохранилища в отношении анофелогенности могут играть как положительную, так и отрицательную роль, уничтожая мелководье и заболоченность или, наоборот, создавая их. Создание искусственных водохранилищ следует расценивать как положительное явление в жизни прилегающих населенных мест. Они облегчают организацию централизованного водоснабжения, улучшают микроклимат и являются значительным оздоровительным фактором в централизованном водоснабжении.

### 2.3. Подземные водоисточники

Для подземных водоисточников используются, в основном, водозаборы вертикального типа – буровые скважины, достигающие глубины нескольких сот метров, и позволяющие использовать любой из разведанных подземных горизонтов.

Скважина представляет собой вертикальную шахту круглой формы, достигающую водоносного горизонта. Стенки ее предохранены от обрушения металлическими трубами. В нижней части скважины, в пределах водоносного горизонта, устанавливают фильтр для поступления воды внутрь скважины и предохранения ее от засорения частицами пород. Уровень воды в скважине устанавливается несколько ниже поверхности земли и забирается насосами. При откачке вода поднимается до уровня, ниже которого откачиваемая вода возмещается одновременным притоком ее из водоносного слоя.

Первый уровень называется статическим, второй – динамическим.

При этом вокруг части водоносного горизонта в прилегающей к скважине создается пониженное давление (депрессия).

Давление воды падает потому, что при откачке она, подтекая к скважине, испытывает сопротивление со стороны водоносного слоя и часть напора тратится на преодоление этого сопротивления. Чем интенсивнее откачка, тем быстрее движется вода, сопротивление возрастает, давление все снижается и депрессия охватывает все большее пространство вокруг скважины (зона депрессии), создавая возможность подсоса воды и загрязнений вокруг скважины. Депрессия может распространяться на десятки и сотни метров вокруг скважины.

Давление падает у самой скважины из-за падения статического уровня до динамического, меняющегося в зависимости от интенсивности откачки.

Зону влияния откачки из основной скважины можно представить в виде депрессионной воронки, вершина которой совпадает с динамическим уровнем, а основание лежит в плоскости, проходящей через статический уровень.

Если в эксплуатации находятся несколько скважин, то они должны располагаться на таком расстоянии одна от другой, чтобы депрессионные воронки не пересекались. В противном случае дебит скважин уменьшается, так как уменьшается водообильность зоны питания каждой из них. Кроме того, благодаря скважине устанавливается связь между эксплуатируемым водоносным слоем и лежащим выше, качество воды которого может быть плохим.

Необходимо обеспечить герметичность соединений между трубами одной колонны и между колоннами разных диаметров. Особенно важно это на участках, где скважина пересекает не используемые ею водоносные горизонты. Кроме того, на этих участках следует не вырезать трубы, а пропускать внутри обсадных. Это устраняет соприкосновение рабочей трубы с водоносным горизонтом, повышает надежность ее изоляции и защищает от коррозии.

Загрязнения могут проникнуть через недостаточно защищенное устье скважины наиболее прямым путем. Герметичность соединения оголовка с трубой и насосом – необходимое условие охраны воды от загрязнения в скважине.

Если устье скважины выведено в шахту, то последняя должна быть защищена от проникновения грунтовых вод (гидроизоляция

дна и стенок шахты) и атмосферных осадков (двойные крыши на люках). Если обсадная труба выходит на поверхность земли, то площадка вокруг нее должна асфальтироваться и иметь уклон для оттока атмосферных вод в сторону от скважины. Обсадная труба должна выступать не менее чем на 0,5 м над поверхностью земли или дном шахты.

Подземные воды, забираемые для питания водопровода, в большинстве случаев удовлетворяют требованиям бактериологической чистоты воды, но хлорирование (обеззараживание) применяется и в практике подземного водоснабжения. К нему прибегают в случаях неполной надежности перекрывающих слоев, связи между подземными водами и открытыми водоемами, внезапных или периодически возникающих изменений в составе воды, неуверенности в надежности оборудования скважин или с профилактической целью при ухудшении качества воды в сети.

#### *Характеристика водопроводной сети*

Водопроводная сеть – это подземная система труб, по которой вода под напором разводится по территории населенного пункта. Величина напора зависит от разницы отметок рельефа в месте установки насосов и в самой высокой точке (верхний этаж здания, самая высокая точка территории населенного места), в которую подается вода.

В водопроводной сети используют чугунные, стальные, асбоцементные, железобетонные, бетонные, керамические, стеклянные и металлопластиковые трубы.

Требования к водопроводной сети:

- сеть не должна подвергаться опасности замерзания в ней воды – поэтому трубы закладываются несколько ниже линии промерзания земли (в зависимости от климатических условий от 1,5 до 3 м);
- не допускается прокладывать водопроводную сеть по загрязненным местам, вблизи свалок и других источников загрязнения почвы. Канализационная сеть укладывается на 1,5–3 м ниже водопроводной;
- сеть должна быть непроницаема на всем протяжении;
- сеть может иметь тупиковое или кольцевое устройство.

На водопроводной сети могут устраиваться смотровые колодцы, водозаборные колонки, пожарные гидранты и запасные резервуары.

#### **2.4. Гигиенические требования к системам водоснабжения**

Централизованное водоснабжение может осуществляться из поверхностных и подземных водоисточников. Это такое водоснабжение, когда вода после добычи и очистки поступает в систему подземных труб, по которым распределяется по территории населенного пункта.

Основные компоненты централизованной системы водоснабжения:

- водоисточник;
- головные сооружения – водозаборные, очистные и насосные станции;
- сооружения для доставки и распределения воды – водоводы, водопроводная сеть, резервуары, водоразборные и другие установки в сети.

#### **Организация водоснабжения из поверхностных водоисточников**

*Требования к выбору мест для забора воды:*

- водозабор должен располагаться по течению реки выше населенного пункта, обслуживаемого данным водопроводом, на значительном удалении от загрязнений опасных в санитарном отношении;
- водозабор необходимо размещать на участке реки с устойчивым руслом, для защиты от повреждений сооружений в воде и на берегу;
- водозабор должен обеспечить поступление достаточного количества воды при всех условиях.

Забирать воду следует выше устья впадающих в реку ближайших притоков и оврагов, по которым могут поступать загрязнения, на участке коренного, не размываемого берега. Многие реки меняют конфигурацию берегов, иногда даже в короткое время – за 10–15 лет. Необходимо также, чтобы река в месте водоза-

бора имела глубину не менее 2,5 м. На среднем уровне при такой глубине не происходит засасывание ила со дна реки и воды из поверхностного слоя, наиболее доступного засорению и перегреванию летом.

Забор воды из искусственного водохранилища устраивают в местах со значительной глубиной. Это позволяет забирать воду ниже поверхностной зоны, на которую особенно сильно распространяется цветение воды и избавляет от вынужденного забора воды из придонного высокоминерализованного слоя.

#### **Характеристика водозаборных сооружений**

Задача водозаборных (водоприемных) сооружений – создать резервуар, из которого вода может забираться насосами в условиях защиты от повреждений и колебаний в режиме самого водоема, а также задержать грубые взвешенные загрязнения на решетках у входных отверстий и сетках перед всасывающими трубами насосов. В водоприемниках происходит некоторое отстаивание воды. Подъем воды осуществляется с помощью насосных станций.

Водозаборные сооружения делятся на три типа:

- а) береговые – вода поступает непосредственно из водоема;
- б) русловые с самотечными или всасывающими линиями труб – вода поступает по трубам самотеком или под действием насосов;
- в) ковши – представляют собой небольшие искусственные заливы.

Тип сооружения выбирают в зависимости от местных топографических и гидрогеологических условий.

После забора вода подается на очистные сооружения, где проводится её обработка. Для улучшения качества используют отстойники, фильтры, сооружения для коагуляции и хлорирования. При необходимости воду подвергают специальным методам обработки (обезжелезиванию, фторированию, умягчению и т. д.).

Забор воды из подземных водоисточников

Преимущества:

- защищенность воды от внешних загрязнений, вода, как правило, не нуждается в обработке (очистке);
- постоянство качества воды;



- забор воды в пределах населенного пункта или невдалеке, что исключает необходимость водоводов большой протяженности;

Недостаток: необходимость устройства нескольких водозаборов из-за ограниченности дебита подземных вод.

*Требования к выбору мест для забора воды:*

- водозабор должен быть расположен как можно ближе к населенному пункту;
- необходимо исключить возможность загрязнения водоносного горизонта в месте расположения водозаборов и со стороны прилегающей территории;
- необходимо предусмотреть возможность увеличения числа водозаборов при росте водопотребления.

### **2.5. Гигиенические требования к зонам санитарной охраны водозаборов водоисточников**

**Зона санитарной охраны (ЗСО) открытых водоисточников** – это территория, на которой установлен специальный режим и проводятся мероприятия, направленные на охрану **открытых** источников водоснабжения и водопроводных сооружений.

Под ЗСО понимают специально выделенную вокруг источника территорию, на которой должен соблюдаться установленный режим, с целью охраны водоисточника и водопроводных сооружений и окружающей территории от загрязнения.

По законодательству эта зона делится на 3 пояса:

- 1) пояс строгого режима;
- 2) пояс ограничений;
- 3) пояс наблюдения.

Любой водоисточник связан с окружающей средой и на него оказывают воздействие природные факторы, хозяйственно-бытовая, производственная деятельность человека, коммунальное строительство и т. д. Поэтому задачей зоны является предотвращение загрязнения, которое может ухудшить качество воды в месте её забора из источника или на самих водопроводных сооружениях.

**1 пояс – зона строгого режима.** Назначение первого пояса заключается в защите места водозабора и водозаборных сооружений от загрязнения и повреждения.

Территория зоны строгого режима состоит из водной части, окружающей водозаборные сооружения, и береговой части, прилегающей к водной. Границы должны устанавливаться в зависимости от санитарно-топографических, гидрогеологических и метеорологических условий и вида поверхностного водоисточника (река, озеро, водохранилище).

В зависимости от особенностей источника в пределы водной части первого пояса вводится большая или меньшая часть его акватории. Для рек границы зоны должны быть:

вверх по течению – не менее 200 м от водозабора;

вниз по течению – не менее 100 м от водозабора;

по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии воды при наивысшем ее уровне; в направлении от прилегающего к водозабору берега в сторону водоема при ширине реки или канала менее 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии воды при наивысшем её уровне, при ширине реки или канала более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м.

Для водохранилищ и озер границы обычно охватывают акваторию реки во всех направлениях – не менее 100 м от водозабора, а по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии воды при наивысшем ее уровне.

Береговая часть включает всю береговую территорию, занятую головными водопроводными сооружениями, полосу защитных зеленых насаждений по периметру зоны.

Территория первого пояса ЗСО должна быть ограждена, на нее не допускаются посторонние лица, запрещается строительство любых объектов, не связанных с нуждами водопровода, запрещено проживание. На ней и в акватории первого пояса запрещаются рыбная ловля, купание, стирка белья, катание на лодках. Территория благоустраивается – создается полоса зеленых насаждений по периметру зоны (не менее 50 м) и вдоль берега (не менее 100 м), должно быть асфальтирование, организуется удаление отходов. При необходимости строительства выгребных уборных они оборудуются водонепроницаемыми выгребными. Предусматривается вертикальная планировка с отведением поверхностно-

го стока за пределы 1-го пояса зоны ниже по течению от места водозабора.

**2 пояс – зона ограничения.** Границы 2 пояса рассчитываются в зависимости от гидробиологических характеристик водоема и его самоочищающей способности. Она включает водоисточник и бассейн питания, т. е. притоки. Верхняя граница зоны должна располагаться от места водозабора на таком расстоянии, чтобы органическое или бактериальное загрязнение, поступившее в реку выше границы зоны, ликвидировалось естественными процессами самоочищения до подхода к месту водозабора. Для бактериального самоочищения требуется 3–5-суточный пробег воды (в зависимости от климатического района). Зная расход воды и скорость течения, расчетным путем находят верхнюю границу 2 пояса. В среднем для рек средней и большой мощности она составляет 30–60 км. Граница ниже по течению, учитывая возможность влияния так называемых нагонных ветров, приводящих к обратному течению воды, должна устанавливаться на расстоянии не менее 250 м от водозабора. Боковые границы определяются береговой полосой, ширина которой при равнинном рельефе местности от 500 до 1000 м, а при гористом – до вершины первого склона.

Мероприятия во втором поясе направлены на регулирование всех видов строительства и хозяйственной деятельности, поэтому на территории ограничивается плотность населения, сокращается использование водоема населением для бытовых целей (стирка белья, водопой скота и т. д.). С целью предохранения почвы и поверхностных вод от загрязнения устраиваются благоустроенные населенные пункты, промышленные предприятия, животноводческие комплексы. Организуют обработку хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод до необходимого уровня и осуществляют спуск в соответствии с водно-санитарным законодательством по санитарной охране водоемов. Для улучшения состава поверхностного стока проводят посадку деревьев декоративных пород и луговой травы на ближайшей к берегам полосе шириной 100–150 м.

**3 пояс – зона наблюдения.** Зоной наблюдения является вся река. Мероприятия, проводимые на этой территории аналогичны мероприятиям, осуществляемым во 2 поясе.

**Зоны санитарной охраны закрытых подземных водоисточников** – это такие территории, на которых производятся специальные санитарные мероприятия для предупреждения возможного загрязнения источников водоснабжения различного рода населенных мест.

Зоны санитарной охраны водоисточников, как правило, устанавливаются в составе трех пронумерованных поясов. В каждом из этих поясов применяются свои мероприятия.

**1 пояс – зона строгого режима.** Зона строгого режима включает водозаборные сооружения, т. е. скважины, насосные станции и сооружения для обработки воды (хлорирования, обезжелезивания и т. д.). Размеры первого пояса должны охватывать территорию, соответствующую наиболее крутой части воронки депрессии, так как именно на этом участке наиболее активно осуществляется фильтрация поверхностных и грунтовых вод в подземный поток через породы. Для безнапорных горизонтов это территория радиусом 50 м, для межпластовых напорных – 30 м. Требования к эксплуатации, устройству и планировке аналогичны требованиям к 1 поясу поверхностных водоисточников.

**2 пояс – зона ограничения.** Задачей второго пояса является сохранение постоянства природного состава воды в водозаборе, которая непосредственно, без обработки, используется для питьевых целей и защита эксплуатируемого горизонта в районе водозабора от поверхностных загрязнений.

При определении границы второго пояса учитывают местную гидрогеологическую и санитарную ситуацию. Расчет основан на том, что зона должна ограничиваться контуром, размеры которого определяются временем, необходимым для самоочищения подземного потока от патогенных микроорганизмов. Допустимое время продвижения фронта микробного загрязнения (основной параметр) принимается для грунтовых вод в 400, а для межпластовых вод в 200 суток.

Зона ограничения устанавливается с учетом мощности скважины и характера грунта. Эта зона для грунтовых вод устанавливается радиусом 50 м и площадью 1 га, для межпластовых вод – 30 м и площадью 0,25 га.

На территории второго пояса ЗСО запрещается размещение кладбищ, скотомогильников, сооружений почвенной очистки сточных вод и нечистот, животноводческих предприятий и других хозяйственных объектов, обуславливающих опасность микробного загрязнения почвы.

Жилая застройка на территории второго пояса ЗСО подземного источника водоснабжения должна быть канализована или оборудована водонепроницаемыми выгребными.

**3 пояс – зона наблюдения.** Границу третьего пояса ЗСО подземного водоисточника определяют с помощью гидродинамических расчетов, исходя из условия, что если за ее пределами в водоносный горизонт поступают стабильные химические загрязнения, то они или не достигнут водозабора, перемещаясь подземными водами вне области захвата, или достигнут водозабора, но не ранее расчетного времени, определяемого принятой средней продолжительностью его технической эксплуатации (не менее 25 лет).

Мероприятия во втором и третьем поясах ЗСО подземных источников водоснабжения направлены на защиту почвенного покрова от повреждения и загрязнения. С этой целью на территории зоны должны быть выявлены бездействующие скважины, представляющие опасность как источники загрязнения водоносного горизонта. Они должны быть затампонированы или восстановлены. Сооружение новых скважин на территории ЗСО сопровождается изменением гидродинамических условий, лежащих в основе расчета территории зоны, и влечет за собой необходимость пересмотра утвержденных ранее и действующих границ зоны.

На территории второго и третьего поясов ЗСО запрещаются разработка полезных ископаемых, подземное складирование (захоронение) твердых отходов, а также сооружение скважин для закачки отработанных вод в глубокие подземные горизонты.

## 2.6. Гигиенические показатели качества питьевой воды

**Целью нормирования качества питьевой воды** является сохранение здоровья населения. При употреблении недоброкачественной воды у человека возможно развитие заболеваний инфекционной и неинфекционной этиологии. Требования к ка-

честву питьевой воды изложены в документе СанПиН 2.1.4.002–03 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Нормирование осуществляется по следующим группам показателей:

органолептические,  
физико-химические,  
микробиологические,  
вещества, попавшие в воду при улучшении ее свойств.

Органолептические показатели воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в таблице 1, а также нормативам содержания веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды, приведенные в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Органолептические показатели качества питьевой воды

Показатель	Единица измерения	Норматив, не более
Запах	Баллы	2
Привкус	->-	2
Цветность	Градусы	20 (35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	2,6 (3,5) 1,5
Прозрачность	См	Не менее 30 см

Не допускается присутствие вредных примесей в питьевой воде, водных организмов, различимых невооруженным глазом, и поверхностной пленки.

### Запах, вкус и привкус

Оценка запахов и привкусов проводится на основании учета их интенсивности и характера. Интенсивность определяется по пятибалльной шкале. При наличии запахов и привкусов в воде выясняют их характер. Запахи и привкусы могут быть естественного и искусственного происхождения. Естественные запахи обусловлены наличием живущих в воде и отмерших организмов,

влиянием берегов, дна, окружающих почв, грунтов. Присутствие в воде растительных остатков придает ей землистый, илистый или болотный запах. Если вода цветет, и в ней содержатся продукты жизнедеятельности актиномицетов, то она приобретает ароматический запах. При гниении органических веществ в воде или загрязнении ее нечистотами возникает гнилостный, сероводородный или фекальный запах. Запахи могут возникать также в условиях застоя воды на участках распределительных систем, характеризующихся низкими скоростями тока воды, или в резервуарах неочищенной и очищенной воды. В процессе очистки воды вещества со слабым запахом (например, амины и фенолы) могут превращаться в соединения, обладающие очень интенсивным запахом (хлорамин и хлорфенол). Размножение в распределительных системах железобактерий также может быть источником запаха. Естественный вкус воды определяется как соленый, горький и кислый. Остальные виды вкусовых ощущений определяются как привкусы. Запахи и привкусы искусственного происхождения определяют по названиям тех веществ, запах и вкус которых они имитируют: фенольный, хлорфенольный, металлический, бензиновый и другие.

#### ***Значение запаха, вкуса и привкуса***

При интенсивности запаха, вкуса и привкуса воды выше 2 баллов ограничивается водопотребление, так как они оказывают рефлекторное влияние на водно-питьевой режим и физиологические функции организма.

Искусственные запахи и привкусы могут быть показателями загрязнения воды промышленными и коммунально-бытовыми сточными водами.

Естественные запахи и привкусы интенсивностью свыше 2 баллов свидетельствуют о наличии в воде биологически активных веществ, выделяемых водорослями.

В системах централизованного водоснабжения изменение вкуса может сигнализировать об изменениях качества воды в источнике, недостатках в процессе очистки или химической коррозии и биологическом росте в распределительной системе.

Интенсивность запахов и привкусов не должна превышать 2 баллов.

## **Цветность**

***Цветность*** – это природное свойство воды, обусловленное наличием в ней примесей.

Гуминовые вещества придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета и являются продуктами разрушения органических веществ в почве, вымываются из нее и поступают в воду открытых водоемов, поэтому цветность присуща воде открытых водоемов и резко увеличивается в паводковый период.

Наличие в воде подземных и в некоторых поверхностных водах металлов, таких как железо и марганец, придают им определенную окраску. Еще одним источником поступления железа в питьевую воду является ржавление железных труб, по которым подается вода. Железо и марганец соответственно могут вызывать красную и черную окраску воды.

#### ***Влияние воды на здоровье населения***

Цветность воды не должна быть выше 20°.

Значение цветности:

- при цветности воды выше 35° ограничивается водопотребление;
- изменение цветности подземных вод свидетельствует об их загрязнении;
- цветность является показателем неэффективности обесцвечивания воды.

## **Мутность**

***Мутность*** воды зависит от наличия в воде взвешенных частиц (глина, ил) минерального или органического происхождения. Частицы, обуславливающие мутность воды, колеблются по величине от коллоидных размеров до порядка 0,1 мм в диаметре. Они могут быть разделены на три общих класса: глины, органические частицы, образующиеся в результате разрушения растительных и животных остатков, и волокнистые частицы.

Основную часть взвешенных веществ в большинстве природных вод составляют частицы почвы, уносимые с поверхности земли в результате эрозий. Более грубые фракции песка и ила полностью или частично покрыты органическим веществом.



Органическая мутность, обусловленная накоплением микроорганизмов, может наблюдаться в столь больших количествах, что вода становится неприятной на вкус и мутной. Имеется связь между высокой мутностью воды и ее привкусом и запахом, присутствие взвешенных частиц в системах питьевого водоснабжения делает воду непригодной для потребителя.

Мутность воды связана со многими другими показателями ее качества или оказывает влияние на них. Большая часть цветности образуется за счет коллоидных частиц, а 50 % такой цветности обуславливается «коллоидной фракцией» гуминовых веществ.

Мутность может быть обусловлена микробиологическим составом питьевой воды. Её наличие может осложнять выявление в питьевой воде бактерий и вирусов. Рост микробов в воде происходит наиболее интенсивно на поверхности частиц и в свободных хлопьях, встречающихся в природных условиях, а также в хлопьях, образующихся в процессе коагуляции.

Мутность используется в качестве меры эффективности удаления частиц в процессе очистки воды, поэтому низкая мутность очищенной воды служит показателем эффективности процессов коагуляции, осаждения, фильтрации.

Обнаружение более высокой мутности воды в точке водозабора, чем при поступлении в распределительную сеть, указывает на ее загрязнение после очистки, коррозию или другие нарушения в процессе распределения

Мутность воды на уровне 1,5 мг/л соответствует прозрачности 30 см.

### **Прозрачность**

Степень *прозрачности* воды зависит от наличия в ней взвешенных частиц минерального или органического происхождения. Воду считают прозрачной, если шриффт Снеллена читается через ее слой высотой в 30 см.

Значение прозрачности:

При уменьшении прозрачности воды ограничивается водопотребление.

Прозрачность воды является показателем эффективности процесса осветления ее на очистных сооружениях.

Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении.

## **2.7. Физико-химические показатели качества питьевой воды**

### **Температура**

Холодная питьевая вода предпочтительнее теплой. Интенсивность привкуса и запаха наибольшая в воде комнатной температуры. Мутность и цветность связаны с *температурой*, поскольку от нее сильно зависит эффективность коагуляции. Рост микроорганизмов активизируется в теплой воде.

Вода, имеющая температуру 8–15 °С, оказывает приятное освежающее действие, лучше утоляет жажду, быстрее всасывается, стимулирует секреторную и моторную деятельность ЖКТ, выше 25 °С – плохо утоляет жажду, 25–35 °С – неприятна, вызывает рвотный рефлекс.

Повышение температуры воды может служить показателем загрязнения подземных вод, имеющих постоянную температуру.

Изменение химического состава воды является причиной заболеваний неинфекционной природы.

### **Причины изменения химического состава воды**

Промышленная и сельскохозяйственная деятельность человека – поступление производственных и бытовых сточных вод, атмосферных осадков, содержащих вредные вещества, ухудшают качество питьевой воды.

Очистка питьевой воды с применением химических приемов обработки воды определяет содержание остаточных количеств реагентов в воде.

Показатели:

- 1) сухой остаток;
- 2) жесткость;
- 3) хлориды;
- 4) сульфаты;
- 5) нитраты и нитриты;
- 6) значение pH;
- 7) микроэлементы.

## Сухой остаток

**Сухой остаток** – это общее содержание твердых веществ, растворенных в воде, он свидетельствует о степени минерализации воды. Основными ионами, определяющими сухой остаток, являются карбонаты, бикарбонаты, хлориды, сульфаты, нитраты, натрий, калий, кальций, магний. Данный показатель влияет на другие показатели качества питьевой воды, такие как привкус, жесткость, коррозирующие свойства и тенденция к образованию накипи.

Воду с сухим остатком до 1000 мг/л называют пресной, свыше 1000 мг/л – минерализованной. Воду, содержащую до 50–100 мг/л, считают слабоминерализованной (дистиллированной), 100–300 мг/л – удовлетворительно минерализованной, 300–500 мг/л – оптимальной минерализации и 500–1000 мг/л – повышено минерализованной. Минерализованной является морская, минеральная вода, а пресной – речная, дождевая, вода ледников. Значение сухого остатка:

1) вода с повышенным содержанием минеральных солей непригодна для питья, так как имеет соленый или горько-солёный вкус, а её употребление в зависимости от состава солей приводит к неблагоприятным физиологическим изменениям в организме:

- а) способствует перегреву в жаркую погоду,
- б) не утоляет жажду,
- в) изменяет водно-солевой обмен за счёт увеличения гидрофильности тканей,
- г) усиливает моторную и секреторную функцию желудка и кишечника;

2) слабоминерализованная вода неприятна на вкус, длительное её употребление может привести к нарушению водно-солевого обмена (уменьшение содержания хлоридов в тканях). Такая вода, как правило, содержит мало микроэлементов.

## Жесткость

**Общая жесткость воды** обусловлена присутствием в ней преимущественно кальция и магния, которые находятся в виде гидрокарбонатов, карбонатов, хлоридов, сульфатов и других со-

единений; имеют также значение ионы стронция, железа, бария, марганца.

Виды жесткости:

1. Устраняемая – величина, на которую уменьшается общая жесткость воды при кипячении её в течение 1 часа. Обусловлена гидрокарбонатами кальция и магния, которые разрушаются и выпадают в осадок (накипь) в виде карбонатов.

2. Карбонатная – жесткость, обусловленная бикарбонатами и малорастворимыми карбонатами. Устраняемая жесткость приблизительно равна карбонатной, но когда в воде много гидрокарбонатов натрия и кальция, карбонатная жесткость значительно превышает устранимую.

3. Постоянная – жесткость, которая остается после кипячения и обусловлена хлоридами, карбонатами, сульфатами кальция и магния.

Воду с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/л называют мягкой, 3,5–7 – средней жесткости, 7–10 – жесткой, свыше 10 – очень жесткой.

Основными природными источниками жесткости воды являются осадочные породы при их фильтрации и стоки с почвы. Жесткая вода образуется в районах с плотным пахотным слоем и известковыми образованиями. Для подземных вод характерна большая жесткость, чем для поверхностных. Подземные воды, богатые карбоновыми кислотами и растворенным кислородом, обладают высокой растворяющей способностью по отношению к почвам и породам, содержащим минералы кальцита, гипса и доломита.

Основными промышленными источниками жесткости являются стоки предприятий, производящих неорганические химические вещества, и горнодобывающая промышленность. Оксид кальция используется в строительной промышленности, производстве бумажной массы и бумаги, рафинировании сахара, при очистке нефти, дублении и как реагент для очистки воды и сточных вод. Сплавы магния применяются в литейном и штамповочном производстве, бытовых продуктах. Соли магния используются в производстве металлического магния, удобрений, керамики, взрывчатых веществ, медикаментов.

Таблица 2.2 – Показатели химического состава питьевой воды

Показатель	Норматив (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более	Показатель вредности (1)	Класс опасности
Обобщенные показатели			
Водородный показатель, рН	В пределах 6–9		
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	1000 (1500) (2)		
Жесткость общая, мг-экв./л	7,0 (10) (2)		
Окисляемость перманганатная, мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно, мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные, мг/л	0,5		
Фенольный индекс, мг/л	0,25		
Неорганические вещества			
Алюминий (Al), мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba), мг/л	0,1	с.-т.	2
Бериллий (Be)	0,0002	->-	1
Бор (В, суммарно)	0,5	->-	2
Железо (Fe, суммарно)	0,3 (1,0) (2)	орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	0,1 (0,5) (2)	орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	1,0	->-	3
Молибден (Mo, суммарно)	0,25	с.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	0,05	с.-т.	2
Никель (Ni, суммарно), мг/л	0,1	с.-т.	3
Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	45	с.-т.	3

Ртуть (Hg, суммарно)	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	0,03	->-	2
Селен (Se, суммарно)	0,01	->-	2
Стронций (Sr)	7,0	->-	2
Сульфаты (SO <sub>4</sub> )	500	орг.	4
Фториды (F)			
Для климатических районов			
I и II	1,5	с.-т.	2
III и IV	1,2–0,7		2
Хлориды (Cl)	350	орг.	4
Хром (Cr)	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN«)	0,035	->-	2
Цинк (Zn)	5,0	орг.	3
Органические вещества			
Гамма-ГХЦГ (линдан)	0,002 (3)	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	0,002 (3)	->-	2

Примечание:

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

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

3. Нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.

Содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения, представлено в таблице 2.3.

### Значение жесткой воды

При значительном повышении жесткости воды ухудшаются ее органолептические свойства – вода имеет неприятный вкус;

нарушается всасывание жиров в кишечнике в результате образования кальциево-магнелиальных нерастворимых мыл при омылении жиров;

у лиц с чувствительной кожей жесткость способствует появлению дерматитов в связи с тем, что кальциево-магнелиальные мыла обладают раздражающим действием.

В хозяйственно-бытовом аспекте – увеличивается расход моющих средств, образуется накипь при кипячении. Волосы после мытья становятся жесткими, ткани одежды теряют мягкость и гибкость, ухудшается разваривание мяса и овощей с потерей витаминов в результате связывания их в неусвояемые комплексы, имеются данные, что употребление слишком жесткой воды может приводить к увеличению частоты мочекаменной болезни; хотя есть сведения о том, что жесткость может служить защитой от болезней; при резком переходе от пользования жесткой водой к мягкой и, наоборот, у людей могут наблюдаться диспепсические явления; жесткая вода портит вид, вкус и качество чая, который является важнейшим напитком у населения, стимулирующим желудочную секрецию и утоляющим жажду. Имеются данные о том, что употребление мягкой воды может явиться причиной сердечно-сосудистых заболеваний. Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Кыргызской Республики, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (таблица 2.2).

Таблица 2.3 – Содержание вредных химических веществ в питьевой воде

Показатель	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор			
остаточный свободный, мг/л	В пределах 0,3–0,5	орг.	3
остаточный связанный	В пределах 0,8–1,2	->-	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	0,2 (2)	с.-т.	2
Озон остаточный	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды)	0,05	с.-т.	2
Полиакриламид	2,0	->-	2
Активированная кремнекислота (по Si)	10	->-	2
Полифосфаты (по PO <sub>4</sub> )	3,5	орг.	3
Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов	См. показатели «Алюминий», «Железо» в таблице 2.2		

### Примечания.

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

2. Норматив ПДК принят в соответствии с рекомендациями ВОЗ.



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

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1.

### **Хлориды**

*Хлориды* могут быть минерального и органического происхождения. Присутствие хлоридов в природных водах может быть связано с растворением отложений солей, загрязнением, обусловливаемым нанесением соли на дороги с целью борьбы со снегом и льдом, сбросом стоков предприятиями химической промышленности, эксплуатацией нефтяных скважин, сбросом сточных вод, ирригационным дренажом, загрязнением в результате вымывания твердых отходов и вторжения морской воды в прибрежные районы. Каждый из этих источников может вызвать загрязнение поверхностных и подземных вод. Высокая растворимость хлоридов объясняет широкое распространение их во всех природных водах.

Хлориды оказывают влияние на здоровье. Наиболее распространенные в организме человека анионы играют большую роль в осмотической активности внеклеточной жидкости; 88 % хлоридов в организме находятся во внеклеточном пространстве. У здоровых людей происходит почти полное всасывание хлоридов.

#### **Значение хлоридов:**

- хлориды ухудшают органолептические свойства воды, она приобретает солоноватый вкус и в связи с этим ограничивается водопотребление;
- они влияют на водно-солевой обмен; повышается уровень хлоридов в крови, что приводит к снижению диуреза и перераспределению хлоридов в органах и тканях;
- хлориды вызывают угнетение желудочной секреции, в результате чего нарушается процесс переваривания пищи;

- имеются данные о том, что хлориды оказывают гипертензивный эффект и у людей, страдающих гипертонической болезнью, употребление воды с повышенным содержанием хлоридов может вызвать утяжеление течения заболевания;
- хлориды являются показателем загрязнения подземных и поверхностных водоисточников, так как они содержатся в сточных водах и физиологических выделениях человека.

### **Сульфаты, их роль и значение**

*Сульфаты* поступают в водную среду со сточными водами многих отраслей промышленности. Трехокись серы ( $SO_3$ ), образующаяся при окислении двуокиси серы, в сочетании с парами воды образуют серную кислоту, которая выпадает в виде «кислого дождя» или снега. Большинство сульфатов растворимы в воде.

С сульфатом алюминия, который используется в качестве флокулянта при очистке воды, в очищенную воду может дополнительно попадать до 20–50 мг/л сульфатов. Сульфаты не удаляются из воды обычными методами очистки. Их концентрация в большинстве пресных вод очень низкая.

#### **Значение сульфатов**

Сульфаты плохо всасываются из кишечника человека. Они медленно проникают через клеточные мембраны и быстро выводятся через почки. Сульфат магния действует как слабительное в концентрации выше 100 мг/л, приводя к очищению ЖКТ. Такой эффект возникает у людей, впервые использующих воду с высоким содержанием сульфатов (при переезде на новое место жительства, где употребляют сульфатную воду). Со временем человек адаптируется к такой концентрации сульфатов в воде, при этом:

- ограничивается водопотребление, так как сульфаты придают воде горько-соленый вкус в концентрации свыше 500 мг/л;
- они неблагоприятно влияют на желудочную секрецию, приводя к нарушению процессов переваривания и всасывания пищи;
- сульфаты являются показателем загрязнения поверхностных вод производственными сточными водами, и подземных вод водами вышележащих водоносных горизонтов.

## Нитраты, нитриты

Аммиак является начальным продуктом разложения органических азотсодержащих веществ. Поэтому наличие аммиака в воде может расцениваться как показатель свежего загрязнения воды органическими веществами животного происхождения опасного в эпидемическом отношении. В некоторых случаях наличие аммиака не указывает на недоброкачество воды. Например, в глубоких подземных водах аммиак образуется за счет восстановления нитратов при отсутствии кислорода или повышенного содержания аммиака в болотистых и торфяных водах (аммиак растительного происхождения).

**Соли азотистой кислоты (нитриты)** представляют собой продукты неполного окисления аммиака под влиянием микроорганизмов в процессе нитрификации. Наличие нитритов свидетельствует о возможном загрязнении воды органическими веществами, однако нитриты указывают на известную давность загрязнения.

**Соли азотной кислоты (нитраты)** – конечные продукты минерализации органических веществ бактериями, присутствующими в почве и в воде с достаточным содержанием кислорода. Присутствие в воде нитратов без аммиака и нитритов указывает на завершение процесса минерализации.

Одновременное содержание в воде аммиака, нитритов и нитратов свидетельствует о незавершенности или продолжающемся процессе, что весьма опасно в эпидемическом отношении загрязнения воды. Однако повышенное содержание нитратов может иметь минеральное происхождение. Нитраты используют в качестве удобрений (селитра), во взрывчатых веществах, в химическом производстве и в качестве консервантов пищевых продуктов. Некоторые нитраты являются результатом фиксации в почве атмосферного азота (бактериальный синтез). Нитриты используют в качестве консервантов пищевых продуктов. Некоторые нитраты и нитриты образуются при вымывании дождем окислов азота, которые могут являться результатом разряда молнии или поступают из антропогенных источников.

Нитраты и нитриты широко распространены в окружающей среде, они обнаруживаются в большинстве пищевых продуктов,

в атмосфере и во многих водных источниках. Поступлению этих ионов в воду способствует использование удобрений, гниение растительного и животного материала, бытовые стоки, удаление в почву осадка сточных вод, промышленные сбросы, вымывание из мест захоронения отходов и вымывание из атмосферы. В природных чистых водах нитратов, как правило, немного. Однако в грунтовых водах в пределах населенных пунктов, животноводческих ферм и в других местах, где почва длительно и массивно загрязняется, содержание нитратов может быть высоким.

Поскольку ни один из обычно используемых методов очистки и обеззараживания воды не изменяет значительно уровня его содержания нитратов, и поскольку концентрация нитратов заметно не изменяется в системе распределения воды, уровни содержания в водопроводной воде часто полностью аналогичны таковым для водных источников. Содержание нитритов в водопроводной воде ниже, чем в водных источниках, что вызвано их окислением в процессе очистки воды, особенно при хлорировании.

При метаболизме нитраты и нитриты легко поглощаются организмом. Нитраты поглощаются в верхних отделах тонкого кишечника, концентрируются преимущественно в слюне через посредство слюнных желез, выводятся через почки. Нитраты могут легко превращаться в нитриты в результате бактериального восстановления. Восстановление нитратов в нитриты происходит во всем организме, включая желудок. Это превращение зависит от значения рН. У грудных детей кислотность в желудке в норме очень низкая и образуется большое количество нитритов. У взрослых кислотность в желудке повышенная и характеризуется значением рН 1–5 и в меньшей степени происходит превращение нитратов в нитриты. Нитриты могут окислять гемоглобин в метгемоглобин. При определенных условиях нитриты могут реагировать в организме человека с вторичными и третичными аминами и амидами в пище с образованием нитрозаминов, некоторые из которых считаются канцерогенами.

### **Значение нитратов, нитритов**

Они вызывают развитие «водно-нитратной метгемоглобинемии» за счет окисления нитритами гемоглобина в метгемоглобин.

В основном данное заболевание возникает у детей. Чувствительность грудных детей к действию нитратов относили за счет их высокого поступления в организм относительно массы тела, присутствием нитратредуцирующих бактерий в верхних отделах ЖКТ, и более легким окислением эмбрионального гемоглобина. Кроме того, повышенная чувствительность наблюдается у грудных детей, страдающих нарушениями функции ЖКТ, при этом увеличивается количество бактерий, способных превращать нитраты в нитриты. Использование искусственных смесей для вскармливания детей тоже рассматривается как причина увеличения заболеваемости, так как вода, используемая для приготовления смеси может содержать повышенное количество нитратов. У грудных детей в желудке значение рН близко к нейтральному, что способствует бактериальному росту в желудке и в верхних отделах кишечника. У детей отмечается недостаточность по двум специфическим ферментам, которые осуществляют обратное превращение метгемоглобина в гемоглобин. Длительное кипячение пищи может усугублять проблему вследствие увеличения количества нитратов при испарении воды. Чаще причиной заболевания является использование в качестве источника воды частных колодцев с микробиологическим загрязнением (в них отсутствуют водоросли, активно потребляющие нитраты). Заболевание характеризуется развитием одышки, цианоза, тахикардии, судорог. У детей старше 1 года и взрослых заболевание в форме острого токсического цианоза не наблюдается, но возрастает содержание метгемоглобина в крови, что ухудшает транспорт кислорода к тканям – это проявляется слабостью, бледностью кожных покровов, повышенной утомляемостью, что вызывает образование нитрозаминов, некоторые из них могут быть канцерогенами. Образование этих веществ происходит во рту или где-либо ещё в организме, где кислотность относительно низкая.

Нитраты являются показателем загрязнения воды органическими веществами.

#### **Значение рН (активная реакция)**

Кислыми являются болотистые воды, содержащие гуминовые вещества, щелочными – подземные воды, богатые бикарбонатами.

Водородный показатель (рН) определяет природные свойства воды.

Он является показателем загрязнения открытых водоемов при спуске в них кислых или щелочных производственных сточных вод.

Значение рН тесно связано с другими показателями качества питьевой воды. Рост железобактерий в большой степени зависит от рН. Они образуют в качестве конечного продукта метаболизма гидрат окиси железа, который придает воде красный цвет. При высоких значениях рН вода приобретает горький вкус.

Эффективность процессов коагуляции и обеззараживания зависит от рН. Обеззараживающее действие хлора в воде ниже при высоких значениях рН; это связано со снижением концентрации хлорноватистой кислоты.

#### **Микроэлементы и макроэлементы**

В природных водах встречаются различные микроэлементы: бром, бор, медь, цинк, марганец, кобальт, молибден, свинец, мышьяк, бериллий, фтор, йод и др.

#### ***Фтор***

Основным источником поступления фтора в организм человека является питьевая вода. Источником фтора в воде являются почва и подстилающие её породы, где находятся растворимые фторсодержащие минеральные соединения. Вода открытых водоемов может загрязняться фторсодержащими соединениями при выпуске в них промышленных сточных вод. В воде открытых водоемов содержится пониженное количество фтора. Высокие концентрации фтора чаще встречаются в водах артезианских скважин.

Фтор, потребляемый с водой, почти полностью всасывается, удерживается в скелете и в небольшом количестве в зубных тканях. При концентрации фтора выше 1,5 мг/л у людей, пьющих такую воду, развивается флюороз зубов, свыше 5 мг/л возможен флюороз скелета. Флюороз зубов характеризуется появлением на эмали зубов фарфороподобных пятен или эрозий, пигментированных в желтый или коричневый цвет, а также повышенной

стираемостью зубов. При снижении концентрации фтора ниже 1 мг/л у населения возрастает заболеваемость кариесом, так как он снижает растворимость эмали при условиях повышенной кислотности среды. В высоких дозах фтор остро токсичен для человека: развивается геморрагический гастроэнтерит, острый токсический нефрит и поражение печени и сердечной мышцы.

### ***Железо***

В поверхностных водах железо присутствует в трехвалентном состоянии, хотя в восстановительных условиях в подземных водах может содержаться и двухвалентное железо. Присутствие железа в природных водах связано с растворением горных пород и минералов, дренажом кислых шахтных вод, фильтрацией со свалок, сбросом сточных вод и стоками предприятий металлургической промышленности.

Соли двухвалентного железа нестабильны и выпадают в осадок в виде нерастворимого гидроксида железа, который оседает в виде налёта ржавого цвета. Железо придает воде мутность, желто-бурую окраску. Такая вода неприятна на вкус (имеет горьковатый металлический вкус), окрашивает бельё и водопроводимую арматуру.

Осадок железа снижает ток воды и ускоряет рост железобактерий. Они получают энергию при окислении двухвалентного железа в трехвалентное, и в ходе этого процесса откладывается ил, покрывающий трубопроводы.

### ***Медь***

Медь часто обнаруживается в поверхностных водах, она придает воде неприятный вяжущий привкус и окраску. Присутствие меди в воде не представляет опасности для здоровья, хотя может препятствовать использованию воды в бытовых целях. Медь увеличивает коррозию алюминиевой, цинковой посуды и арматуры.

### ***Марганец***

Марганец, присутствующий в поверхностных водах, встречается в растворимой, и во взвешенной формах. Более высокие концентрации марганца обычно связаны с промышленным загрязнением. Интоксикация марганцем, поступающим с питьевой

водой, не описана. Марганец придает нежелательный привкус напиткам и окрашивает арматуру и белье при стирке. Если соединения марганца в растворе подвергаются окислению, марганец выпадает в осадок, вызывая проблемы образования накипи.

### ***Цинк***

Карбонаты, оксиды и сульфиды цинка плохо растворимы в воде, хотя высокорастворимые хлоридные и сульфатные соли склонны к гидролизу с образованием гидроксида и карбоната цинка. В результате этого концентрация цинка в природных водах обычно низкая. Концентрация цинка в водопроводной воде выше вследствие вымывания его из оцинкованных труб, латуни и цинксодержащей арматуры. Вследствие низкой токсичности цинка и эффективных гомеостатических механизмов регуляции опасность для человека хронической токсичности цинка, поступающего с питьевой водой и рационом, маловероятна. Цинк придает воде нежелательный вяжущий привкус, кроме того, может появляться опалесценция и образовываться маслянистая пленка при кипячении.

### ***Алюминий***

Алюминий поступает в воду в результате сброса промышленных сточных вод, эрозии, вымывания вещества из минералов и почвы, загрязнения атмосферной пылью и выпадения осадков. Соли алюминия широко используются при очистке воды для устранения её цветности и мутности. Соли алюминия, поступившие вовнутрь, не вызывают у человека никаких вредных эффектов. В норме они не всасываются из пищи и воды, а образуют комплексы с фосфатами и выводятся с фекалиями. Алюминий может ухудшать органолептические свойства воды – появляется неприятный, вяжущий вкус.

### ***Хром***

Питьевая вода обычно содержит хром в очень низких концентрациях. Загрязнение воды происходит в результате применения хрома в хозяйственной деятельности человека и в результате сброса стоков, содержащих соединения хрома. Неблагоприятные для человека эффекты присутствующего в воде хрома связаны



с шестивалентным хромом. Хром в пределах 10 мг/кг массы тела вызывает у человека некроз печени, нефрит и смерть; более низкие дозы приводят к раздражению слизистой оболочки ЖКТ. Имеются данные о том, что хром может вызывать развитие злокачественных новообразований.

### **Свинец**

Наличие свинца в поверхностных водах обусловлено сбросом промышленных стоков. В питьевой воде содержание свинца относительно низкое, но при использовании свинцовых труб его концентрация может существенно увеличиваться. В литературе имеется информация о кишечном всасывании свинца из водных растворов, содержащих растворенный свинец. Свинец в высоких дозах является кумулятивным метаболическим ядом общего действия.

### **Ртуть**

Ртуть может присутствовать в окружающей среде в виде металла, в виде солей и в виде ртутьорганических соединений, наиболее важной является метилртуть. Метилртуть может получаться из неорганической ртути под действием микроорганизмов, обнаруживаемых в донных отложениях и в осадке сточных вод. Наличие повышенных концентраций ртути указывает на загрязнение воды. Рыбы и млекопитающие поглощают и удерживают ртуть и в районах, где вода загрязнена ртутью, и где рыба составляет значительную часть рациона. Поступление элемента в организм может быть значительным.

Ртуть не выполняет никакой физиологической функции в организме. Метилртуть полностью всасывается в ЖКТ. Отравление ртутью проявляется неврологическими и почечными нарушениями, гонадотоксическим и мутагенным эффектами.

### **Никель**

Многие соли никеля растворимы в воде, что может приводить к ее загрязнению, также может быть промышленный сброс в реки стоков, содержащих соединения никеля. Некоторое количество никеля удаляется при традиционных методах очистки воды, поэтому содержание никеля в очищенной воде ниже, чем

в неочищенной. Никель является эссенциальным элементом, поглощение из ЖКТ низкое. Никель относительно нетоксичен. Считается, что те уровни никеля, которые обнаруживаются в пище и воде, не представляют серьезной опасности для здоровья.

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям альфа- и бетаактивности, представленным в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Единицы радиоактивности питьевой воды

Показатель	Нормативы	Показатель вредности
Общая альфа-радиоактивность, Бк/л	0,1	Радиац.
Общая бета-радиоактивность, Бк/л	1,0	-»-

Идентификация присутствующих в воде радионуклидов и измерение их индивидуальных концентраций проводится при превышении нормативов общей активности. Оценка обнаруженных концентраций проводится в соответствии с гигиеническими нормативами.

## **2.8. Микробиологические показатели качества питьевой воды**

### **Водные патогенные бактерии**

Фекальное загрязнение питьевой воды может обусловить поступление в воду различных кишечных патогенных организмов (бактериальных, вирусных и др.), причем их присутствие связано с микробными болезнями и носителями, имеющимися в данный момент среди населения изучаемого района. Кишечные патогенные бактерии широко распространены во всем мире. Среди известных, встречающихся в загрязненной воде, штаммы *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*. Эти организмы могут вызывать заболевания, варьирующие по степени тяжести от легкой формы гастроэнтеритов до тяжелых, а иногда летальных форм дизентерии, холеры и брюшного тифа.

Значимость водного пути распространения кишечных бактериальных инфекций значительно варьирует в зависимости от вида заболевания и местных условий.

#### **Обоснование использования индикаторных микроорганизмов**

Несмотря на то, что в настоящее время можно установить факт присутствия в воде многих патогенных агентов, методы их выделения и количественного определения нередко довольно сложны и длительны. Поэтому с практической точки зрения нецелесообразно проводить мониторинг каждого возможного патогенного микроба, являющегося следствием загрязнения. Более логичным подходом является выявление микроорганизмов, обычно присутствующих в фекалиях человека и других теплокровных животных, в качестве индикаторов фекального загрязнения, а также показателей эффективности процессов очистки и обеззараживания воды. Выявление таких микроорганизмов указывает на присутствие фекалий, а, следовательно, на возможное присутствие кишечных патогенных агентов. Таким образом, поиск таких микроорганизмов – индикаторов фекального загрязнения – позволяет получить средства контроля качества воды.

#### **Микроорганизмы – индикаторы фекального загрязнения**

Использование типичных кишечных микроорганизмов в качестве индикаторов фекального загрязнения является общепризнанным. В идеале обнаружение таких индикаторных бактерий должно означать присутствие всех патогенных агентов, сопутствующих такому загрязнению. Индикаторные микроорганизмы всегда присутствуют в экскрементах, но отсутствуют в других источниках. Они легко выделяются, идентифицируются и количественно определяются и не размножаются в воде. Они дольше выживают в водной среде, чем патогенные микробы, более устойчивы к действию обеззараживающих агентов. Практически какой-либо один микроорганизм не может отвечать всем этим критериям.

Микроорганизмы, используемые в качестве бактериальных индикаторов фекального загрязнения, включают группу коли-

формных организмов в целом *E. Coli* и колиформные организмы, которые были описаны как «фекальные колиформы», фекальные стрептококки и сульфитредуцирующие клостридии.

#### ***А) Общие колиформные микроорганизмы***

Колиформные организмы давно уже считаются удобными индикаторами качества питьевой воды, главным образом потому, что эти микроорганизмы легко поддаются обнаружению и количественному определению в водной среде. Они характеризуются способностью ферментировать лактозу при культивировании при +35 или +37 °С и включают виды *E. Coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*. Они не должны присутствовать в подаваемой потребителю воде, а их присутствие свидетельствует о недостаточной очистке или вторичном загрязнении воды после очистки. В этом случае тест на общие колиформы является показателем эффективности очистки воды.

#### ***Б) Фекальные (термотолерантные) колиформы***

Они представляют собой колиформные организмы, способные ферментировать лактозу при температуре +44° С и включают род *Escherichia* и в меньшей степени отдельные штаммы *Enterobacter*, *Klebsiella*. Из этих микроорганизмов только *E. Coli* специфично фекального происхождения, причем она всегда присутствует в больших количествах в экскрементах человека, животных и птиц и редко обнаруживается в воде и почве, не подвергшихся фекальному загрязнению.

#### ***В) Другие индикаторы фекального загрязнения***

Для подтверждения фекального загрязнения воды при отсутствии фекальных колиформ и *E. coli* в воде, могут быть использованы другие индикаторные организмы. Эти вторичные индикаторные организмы включают фекальные стрептококки и сульфитредуцирующие клостридии, особенно *S. Perfringens*.

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Микробиологические и паразитологические показатели загрязнения воды

Показатель	Единица измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число бактерий образующих колонии в 1 мл	Не более 50
Колифаги (3)	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

#### Примечания

1. При определении микробов 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 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 пробах воды повторно взятых в экстренном порядке. В таких случаях для выяв-

ления причин загрязнения одновременно проводится определение хлоридов, азота аммонийного, нитратов и нитритов.

При обнаружении общих колиформных бактерий в повторно взятых пробах воды 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.

Исследования питьевой воды на наличие патогенных бактерий кишечной группы и энтеровирусов проводится также по эпидемиологическим показаниям по решению органа государственного надзора.

Исследования воды на наличие патогенных микроорганизмов могут проводиться только в аккредитованных лабораториях, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии условий выполнения работ, связанных с использованием возбудителей инфекционных заболеваний.

## 2.9. Методы улучшения качества питьевой воды

### *Осветление, обесцвечивание*

Под *осветлением воды* понимают удаление взвешенных веществ. Обесцвечивание воды – устранение окрашенных коллоидов или истинно растворенных веществ. Осветление и обесцвечивание воды достигается методами отстаивания и коагулирования, фильтрования через пористые материалы. Очень часто эти методы применяются в комбинации друг с другом, например, отстаивание с фильтрованием или коагулирование с отстаиванием и фильтрованием.

### *Отстаивание*

*Отстаиванием воды* достигается освобождение её лишь от крупных взвешенных частиц диаметром не менее 0,1–0,01 мм. Более мелкие частицы практически не оседают. Для их удаления требуется проводить коагулирование. В составе большинства сооружений водопроводных станций имеются специальные бассейны непрерывного действия, называемые отстойниками. Принципом работы отстойника является замедление скорости движения воды: с 1 м до нескольких мм в секунду при переходе из узкого ру-

сла трубы в бассейн. Движение воды настолько замедляется, что оседание взвеси происходит в условиях, близким к тем, какие создаются при ее полной неподвижности. При этом мелкие частицы нередко агломерируют (укрупняются) и также приобретают способность к оседанию. В зависимости от направления движения воды различают горизонтальные и вертикальные отстойники.

Горизонтальный отстойник представляет собой прямоугольный резервуар, вытянутый в направлении движения воды, снабженный приспособлениями для сообщения воде ламинарного течения. Дно горизонтального отстойника имеет наклон в сторону входной части, где находится приямок для сбора осадка. Осветляемая вода поступает через водосливной лоток, и далее через дырчатую перегородку с одной из торцовых сторон отстойника, а выходит с другой торцовой стороны через дырчатую перегородку и затем через лоток. Обычно отстойник разбивают на ряд параллельно работающих коридоров шириной не более 6 м, расчетная скорость движения воды составляет 2–4 мм/с. В отстойнике частицы взвеси находятся под действием двух взаимно перпендикулярных сил: скорости выпадения по вертикали и скорости движения воды, увлекающей частицу в горизонтальном направлении. В результате действия этих сил частица либо опускается на дно или выносится из отстойника.

Вертикальный отстойник – резервуар конической или пирамидальной формы. В центре резервуара помещается металлическая труба, в верхнюю часть которой поступает осветляемая вода. Пройдя ее сверху вниз, осветляемая вода поступает в зону осаждения, которую проходит по всему ее сечению снизу вверх с небольшой скоростью.

Осветленная вода переливается через борт отстойника в круговой желоб. Осадок, накапливающийся в нижней части отстойника, периодически удаляют (1–2 раза в сутки). В вертикальных отстойниках скорость воды составляет 0,4–0,6 мм/с, время прохождения 4–8 часов. Преимуществом вертикальных отстойников является их малая площадь.

Недостатком метода является медленное отстаивание, и увеличение объема отстойников для удлинения времени осаждения,

кроме того, наиболее мелкая взвесь не успевает осесть и коллоидные вещества совсем не выделяются.

В военно-полевой практике, особенно при длительном пребывании войск на одном месте, метод отстаивания может применяться в виде устройства небольших запруд и искусственных водоемов, имеющих сообщение с рекой.

При длительном отстаивании, которое нередко происходит в естественных природных условиях (пруды, водохранилища), наблюдается не только увеличение прозрачности, но и снижение цветности воды и количества микроорганизмов (по Хлопину на 75–90 %).

### Коагулирование воды

Сущность процесса *коагуляции* состоит в том, что вещества, находящиеся в воде в коллоидном состоянии, свертываются, образуют хлопья и выпадают в осадок. Осветление воды коагулированием применяется, прежде всего, с целью освобождения ее от мутности и цветности, обусловленных коллоидными взвесями. Коагуляция происходит под влиянием химических реагентов – коагулянтов, в качестве которых применяют соль алюминия  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , сернокислое железо  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  и хлорное железо  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .

Вода, обладающая значительной цветностью и мутностью, представляет собой полидисперсную систему, содержащую электролиты, коллоидные частицы (главным образом гуминовые кислоты и их соли) и грубодисперсные примеси. Коагулянты, будучи растворены в воде, подвергаются гидролизу с образованием труднорастворимых гидратов окисей хлопьевидной структуры.



Коагуляция воды производится с целью освобождения ее от взвешенных частиц, обуславливающих мутность. Наряду с этим на фильтре частично задерживаются микроорганизмы, некоторые ядовитые и радиоактивные вещества, снижаются цветность, окисляемость воды.

При взаимодействии положительно заряженного коллоида гидрата окиси алюминия с отрицательно заряженными коллоид-



дами воды происходит потеря заряда, приводящая к агломерации коллоидных частиц и выпадению их в осадок.

Рыхлые хлопья самого коагулянта обладают огромной активной поверхностью (десятки квадратных метров на 1 г осадка), на которой адсорбируются коллоидные частицы и более грубые взвеси (последние в большей мере захватываются механически), и оседают вместе с ними на дно, осветляя воду.

На эффективность коагуляции влияют активная реакция и щелочность воды, интенсивность её перемешивания, количество грубой взвеси, температура. Для вод различного состава должны подбираться разные дозы коагулянта.

Для ускорения процесса коагуляции применяют флокулянты – высокомолекулярные синтетические соединения. Применение флокулянтов позволяет ускорить процесс коагуляции, увеличить скорость восходящего движения воды в осветлителях со слоем взвешенного осадка, уменьшить время пребывания воды в отстойниках за счет увеличения скорости осаждения хлопьев, увеличить скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла.

#### **Фильтрование воды**

Фильтры классифицируют по скорости *фильтрования* на медленные (0,1–0,3 м/ч) и быстрые (5–0 м/ч), по направлению фильтрующего потока – одно- и двухпоточные, по числу фильтрующих слоев – одно- и двухслойные.

Фильтр с зернистой загрузкой представляет собой железобетонный резервуар, заполненный фильтрующим материалом в два слоя. Фильтрующий слой выполняют из материала, обладающего достаточной прочностью (кварцевый песок, антрацитовая крошка, керамзит). Поддерживающий слой служит для того, чтобы мелкий фильтрующий материал не уносился вместе с фильтруемой водой через отверстия. Он состоит из слоев гравия или щебня разной крупности, постепенно увеличивающейся сверху вниз от 2 до 40 мм.

Фильтрование воды осуществляется двумя методами, принципиально отличающимися друг от друга. Пленочное фильтрование предполагает образование пленки из ранее задержанных при-

месей воды в верхнем слое фильтрующей загрузки. Вследствие механического осаждения частиц взвеси и их прилипания к поверхности зерен вначале загрузки уменьшается размер пор. Затем на поверхности песка развиваются водоросли, бактерии и прочие процессы, дающие начало илистому осадку, состоящему из минеральных и органических веществ (биологическая пленка). Образованию пленки способствуют: малая скорость фильтрации, большая мутность воды, значительное содержание фитопланктона. Пленка достигает толщины 0,5–1 мм и больше.

Биологическая пленка играет решающую роль в работе так называемых медленных фильтров. Помимо задержания мельчайшей взвеси, пленка задерживает бактерии (уменьшая их количество на 95–99 %), обеспечивает снижение окисляемости (на 20–45 %) и цветности (на 20 %) воды. Медленные фильтры, отличающиеся простотой устройства и эксплуатации, были первыми очистными сооружениями городских водопроводов в начале XIX века. В дальнейшем, в связи с ростом водопотребления и мощностей водопроводов, они уступили место скорым фильтрам, преимуществом которых является большая производительность и меньшая площадь, что важно в условиях современного города.

*Медленные фильтры* сооружают с загрузкой фильтрующего слоя из кварцевого песка высотой 800–850 мм и поддерживающего слоя гравия или щебня высотой 400–450 мм. Скорость фильтрации составляет 0,1–0,3 м/ч. Профильтрованная вода собирается дренажной системой, расположенной на дне фильтра. Очистка фильтра производится через 10–30 суток вручную, путем снятия верхнего слоя песка толщиной 15–20 мм и подсыпки свежего. После очистки фильтра вода и фильтрат идут на сброс в течение нескольких дней до образования биологической пленки.

*Скорые фильтры* устроены несколько сложнее. Они имеют специальную подготовку чистой воды для промывания под напором и лотки для сбора и отведения промывной воды. Вода на скорые фильтры должна подаваться, как правило, после коагуляции. Фильтрующая пленка создается очень быстро, главным образом за счет хлопьев коагулянтов. Скорость фильтрации достигает 5–7 м/ч, то есть в 50–70 раз быстрее, чем в медленных фильтрах.

Это обстоятельство позволяет фильтровать большее количество воды через сравнительно небольшие фильтрующие площади. Объемное фильтрование, осуществляемое на скорых фильтрах, является физико-химическим процессом. При объемном фильтровании механические примеси воды проникают в толщу фильтрующей загрузки и адсорбируются под действием сил молекулярного притяжения на поверхности ее зерен и ранее прилипших частиц. Чем больше скорость фильтрования и чем крупнее зерна загрузки, тем глубже проникают в ее толщу загрязнения и тем равномернее они распределяются.

Высота слоя воды над поверхностью загрузки должна быть не менее 2 м. В процессе работы фильтра вода проходит фильтрующий и поддерживающий слои и через распределительную систему направляется в резервуар чистой воды. По окончании фильтрации производится промывка фильтра. При увеличении сопротивления больше допустимой величины, фильтрующая пленка снимается промыванием чистой водой, пускаемой в фильтр снизу вверх под напором. Такое промывание приходится делать 1–2 раза в сутки в зависимости от степени мутности фильтруемой воды.

Промывку фильтров производят обратным током чистой профильтрованной воды путем ее подачи под необходимым напором в распределительную сеть, со смывом промывной воды в канализационную систему. Промывная вода, проходя с большой скоростью (в 7–10 раз большей, чем скорость фильтрования) через фильтрующую загрузку снизу вверх, поднимает и очищает ее. Продолжительность промывки скорых фильтров 5–7 мин.

**В фильтрах с двухслойной загрузкой** над слоем песка диаметром частиц 0,5–1,2 мм насыпается также слой дробленого антрацита или керамзита в 0,4–0,5 м с размером частиц 0,8–1,8 мм. В таком фильтре верхний слой, состоящий из более крупных зерен, задерживает основную массу загрязнений, а песчаный – их остаток, прошедший через верхний слой. Плотность антрацита (керамзита) меньше плотности песка, поэтому после промывки фильтра послыжное расположение загрузки восстанавливается самостоятельно. Скорость фильтрации в двухслойном фильтре 10–12 м/ч, что в два раза быстрее, чем в скором.

**Контактный осветлитель**, как и скорый фильтр, загружен гравием и песком, но совмещает в себе процессы коагуляции, осветления и фильтрации воды.

Вода подается снизу через распределительную систему из дырчатых труб вместе с раствором коагулянта, и хлопья образуются в толще загрузки. Такой вид коагуляции получил название контактной в отличие от обычной, протекающей в свободном объеме.

Контактная коагуляция имеет отличия от объемной. Образование хлопьев при соприкосновении с зернистой загрузкой происходит гораздо быстрее и к тому же при меньших дозах коагулянта. Хлопья фиксируются на поверхности зерен и адсорбируют на себе взвесь. В слое гравия задерживается более крупная взвесь, что снижает заиливание песка, толщина слоя песка – 2 м – вдвое больше обычных скорых фильтров, что еще более повышает грязеемкость и удлиняет время между промывками. Промывная вода подается, как обычно, снизу вверх и удаляется по желобам. Скорость фильтрации – 4–5 м/ч. Взвесь успешно задерживается при первоначальном ее содержании не более 150 мг/л.

Основное преимущество контактных осветлителей состоит в том, что отпадает необходимость в отстойниках и камерах реакций.

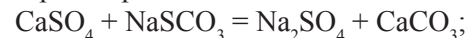
Под обеззараживанием воды понимается, в первую очередь, освобождение ее от патогенных микроорганизмов.

#### **Умягчение воды**

**Умягчение** – это снижение природной жесткости воды путем удаления катионов кальция ( $\text{Ca}_2^+$ ) и магния ( $\text{Mg}_2^+$ ). Методы умягчения воды делятся на: а) реагентный метод (наиболее распространен известково-содовый). Известь, внесенная в воду в большем количестве, чем нужно для связывания углекислоты, вступает в реакцию с бикарбонатными солями кальция и переводит их в карбонатные соли, выпадающие в осадок:



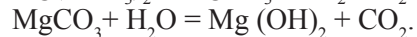
Остается сульфатная жесткость, для устранения которой вводится раствор соды.



б) катионитное умягчение основано на свойстве некоторых нерастворимых веществ обменивать ионы натрия, водорода и другие – на ионы кальция, магния, извлекая их из воды и тем самым, умягчая ее. Процесс этот происходит при фильтрации воды через катиониты на так называемых ионообменных фильтрах.

В качестве катионов используются ионообменные смолы. Их преимущество: стойкость, высокая пористость и площадь соприкосновения с водой и ионообменная способность. Для обработки используют катионнообменные смолы – эспатит-4, СБС и анионообменные – ЭДЭ-10;

в) умягчение путем кипячения основано на переходе двууглекислых растворимых солей кальция в нерастворимые углекислые и солей магния – в гидрат окиси магния:



Этим путем под опреснением понимается снижение содержания солей в воде до степени, отвечающей качеству питьевой воды, т. е. 1000 мг/л. Обессоливание – полное или почти полное удаление из воды растворенных в ней солей.

Наиболее распространенными способами опреснения являются дистилляция, ионный обмен, электродиализ и гиперфильтрация.

**Метод дистилляции** основан на выпаривании воды с последующей конденсацией. Недостатками метода являются плохие органолептические свойства воды вследствие поступления в нее продуктов термического разложения органических веществ и низкая минерализация.

**Ионообменный метод** – воду пропускают через катионитовые и анионитовые фильтры, в результате происходит обмен ионов, и удаляются растворенные соли.

**Метод электродиализа** основан на том, что при пропускании постоянного тока через слой воды, анионы солей, растворенные в воде, движутся к аноду, а катионы – к катоду. Вода помещается в трехкамерный сосуд или резервуар, средняя камера отделена от соседних пористыми перегородками (диафрагмы), а в

крайние камеры опущены электроды. При пропуске электротока ионы соли (например, NaCl) из средней камеры, где находится обессоливаемая вода, переходят в крайние (анионы Cl – в камеру с анодом, а катионы Na<sup>+</sup> – в камеру с катодом). Метод позволяет управлять процессом и остановить его при достижении заданного результата.

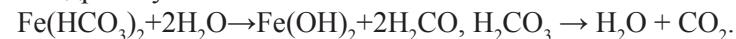
**Гиперфильтрацией** называют процесс фильтрования воды через полупроницаемые мембраны, задерживающие гидратированные ионы солей и молекулы органических соединений. Можно избавиться только от устранимой (бикарбонатной) жесткости.

### Обезжелезивание воды

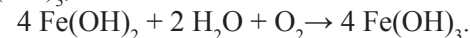
Повышенное содержание железа в воде не угрожает вредными последствиями для здоровья, но железо придает воде специфический (чернильный, металлический) привкус, делает ее мутной и цветной, оставляет ржавые пятна на белье. Кроме того, выпадение железа в осадок уменьшает, а размножение железобактерий может и полностью закрыть просвет в трубах небольшого диаметра.

**Обезжелезивание** подземных вод проводится безреагентными аэрационными методами. В основе методов лежит предварительная аэрация воды с целью удаления свободной углекислоты и сероводорода, повышения pH, обогащения кислородом воздуха, последующего образования гидроксида железа и удаления его из воды осаждением или фильтрованием.

В подземной воде железо большей частью содержится в виде двууглекислых солей Fe(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Это – нестойкое соединение, легко гидролизуется:



Гидрат закиси железа Fe(OH)<sub>2</sub> остается в растворе, а при соприкосновении с воздухом на поверхности обогащается кислородом, окисляется и переходит в нерастворимый гидрат окиси – Fe(OH)<sub>3</sub>, выпадающий в осадок:



Искусственная аэрация усиливает этот процесс, и реакция идет тем успешнее, чем выше pH воды. Аэрация производится в брызгальном бассейне на градирне или компрессором; после

образования хлопьев гидрата окиси железа воду освобождают от них в отстойниках и на скорых фильтрах. Обезжелезивание поверхностных вод проводится реагентными методами. В качестве реагентов выступают сульфат алюминия, известь и хлор.

#### **Обесфторивание и фторирование воды**

Содержание фтора в подземных водах не должно превышать 1,5 мг/л. Чтобы убрать излишки фтора производится обесфторивание воды.

На практике с водой, богатой фтором, приходится встречаться только при водоснабжении из подземных источников. Для дефторирования используют реагентные (методы осаждения) и фильтрационные методы. Реагентные методы основаны на сорбции фтора свежесажженными гидроокисями алюминия и или магния.

Более практично и достаточно эффективно фильтрование через активированную окись алюминия ( $Al_2O_3$ ), обладающую по отношению к фтору сорбционной способностью. Высота фильтра, загруженного сорбентом, 2 м, скорость фильтрации – 5 м/ч.

Фторирование воды является эффективным средством снижения заболеваемости кариесом зубов. Для фторирования воды применяют фторид натрия, кремнефтористую кислоту и ее натриевую соль, добавляемые к воде дозирующими устройствами.

К реагентам предъявляются следующие требования: высокое противокариозное действие при меньшей потенциальной токсичности, отсутствие ядовитых примесей (мышьяк, соли тяжелых металлов), хорошая растворимость в воде, безопасность для персонала.

Фторирование лучше проводить после фильтров, перед резервуарами чистой воды. Необходим тщательный лабораторный контроль, чтобы не завысить содержание фтора выше нормы СанПиН для данного климатического района. Контроль за содержанием фтор-иона должен быть автоматизирован.

#### **Способы обеззараживания**

*Способы обеззараживания* питьевой воды условно подразделяют на безреагентные (физические), реагентные (химические), механические и комбинированные.

**К физическим способам** относятся: использование ультрафиолетового и ионизирующего излучения, ультразвуковых колебаний, термической обработки.

**К механическим способам** относится использование различных фильтров.

Для термического обеззараживания питьевой воды используют открытое пламя (в том числе и высокотемпературную плазму), горячий воздух, перегретый пар. Наиболее часто применяют кипячение воды.

Кипячение в течение нескольких минут освобождает воду от вегетативных форм микроорганизмов, разрушает различные бактериальные эндо- и экзотоксины, инактивирует вирусы. Споры инактивируются за более длительное время: для возбудителя сибирской язвы оно составляет 10 мин, столбняка – около 1 часа, *Cl. Botulinum* – 1–5 ч.

Кипячение воды как метод ее обеззараживания имеет ряд важных преимуществ:

- простота контроля за эффективностью обработки,
- доступность, надежность и быстрота обеззараживания,
- независимость бактерицидного эффекта от физико-химических показателей обеззараживаемой воды,
- отсутствие заметного влияния на физико-химические и органолептические свойства воды,
- возможность автоматизации.

К недостаткам способа относятся:

- дороговизна в силу значительных затрат электроэнергии или топлива на кипячение больших объемов воды,
- малая производительность,
- кипяченая вода имеет высокую температуру и так называемый «вялый» вкус, получающийся вследствие удаления из воды растворенных в ней газов и уменьшения жесткости. Однако едва ли следует считать эти особенности кипяченой воды ее недостатками. В холодное время года, например, высокая температура, наоборот, является положительным свойством, да и в жаркое время многие жители восточных стран предпочитают пить горячий чай. Что касается «вяло-



го» вкуса, то остуженную кипяченую воду трудно отличить по вкусу от не кипяченой.

Кипяченая вода легко подвергается вторичному микробному загрязнению, т. к. отсутствует эффект последствия и конкурирующие сапрофиты, а температура воды долго остается благоприятной для роста микроорганизмов.

В силу экономических и технологических трудностей кипячение рассматривают как способ обеззараживания индивидуальных (групповых) запасов питьевой воды в домашних условиях, на автономных объектах и транспорте, при сложной эпидемической обстановке.

**К химическим способам обеззараживания** относятся: хлорирование, озонирование, использование препаратов серебра, меди, йода и некоторых других реагентов. Химические методы обеззараживания воды основаны на применении различных соединений, обладающих бактерицидным действием. Эти вещества должны отвечать определенным требованиям, а именно: не делать воду вредной для здоровья; не изменять ее органолептических свойств; оказывать надежное бактерицидное действие (в малых концентрациях и в течение короткого времени контакта); быть удобными в применении и безопасными в обращении, стойкими при длительном хранении реагентов.

Существующая практика обеззараживания питьевой воды показывает негативные стороны данного метода, проявляющиеся в токсическом действии как самих обеззараживающих реагентов, так и побочных продуктов реакции, дающих канцерогенный, мутагенный и ряд других неблагоприятных эффектов.

Хлорирование и озонирование воды получило широкое распространение на очистных сооружениях водопроводов, в то время как остальные методы нашли применение при обеззараживании небольших объемов воды на автономных объектах, в полевых и экстремальных условиях водоснабжения.

Для хлорирования воды на водопроводах наиболее часто используют газообразный хлор, однако применяют и другие хлорсодержащие реагенты. В порядке возрастания окислительно-восстановительного потенциала они располагаются в следующем

порядке: хлорамины ( $\text{RNHC}_2$  и  $\text{RNH}_2\text{C}_1$ ), гипохлориты кальция и натрия [ $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ] и  $\text{NaOCl}$  хлорная известь ( $3\text{CaOCl} \cdot \text{CaO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), газообразный хлор, двуокись хлора  $\text{ClO}_2$ . В последние годы внедряется электрохимический способ обеззараживания природных вод.

Бактерицидный эффект хлорирования объясняется, в основном, воздействием хлора на различные структуры микроорганизма: цитоплазматическую мембрану, белки цитоплазмы, ядерный аппарат клетки. Хлор уничтожает ферменты дыхательной цепи бактерий – дегидрогеназы, блокируя SH – группы.

При диссоциации хлора образуется хлорноватистая кислота, которая и оказывает бактерицидное действие:



Бактерицидным свойством обладает также гипохлорит-ион и хлор-ион, которые образуются при диссоциации хлорноватистой кислоты:



Степень диссоциации HOCl возрастает при повышении активной реакции воды, таким образом, с повышением pH бактерицидный эффект хлорирования воды снижается. Действующим началом при хлорировании хлорамином и гипохлоритами является гипохлорит-ион, а двуокисью хлора  $\text{HClO}_2$  – хлористая кислота, которая имеет наиболее высокий окислительно-восстановительный потенциал, в силу чего при использовании двуокиси хлора достигается наиболее полное и глубокое окисление и обеззараживание.

При введении хлорсодержащего реагента в воду основное его количество – более 95 % расходуется на окисление органических и легкоокисляющихся неорганических веществ (соли двухвалентного железа и марганца), содержащихся в воде, на соединение с протоплазмой бактериальных клеток расходуется всего 2–3 % общего количества хлора.

Количество хлора, которое при хлорировании 1 л воды расходуется на окисление органических, легкоокисляющихся неорганических веществ и обеззараживание бактерий в течение 30 минут, называется хлорпоглощаемостью воды. Хлорпоглощаемость



воды определяется экспериментально путем проведения пробного хлорирования.

По окончании процесса связывания хлора содержащимися в воде веществами и бактериями в воде начинает появляться остаточный активный хлор. Его появление, определяемое титрометрически, является свидетельством завершения процесса хлорирования. Остаточный хлор – это активный, избыточный хлор, не прореагировавший за установленное время. Величина остаточного хлора должна составлять 0,3–0,5 мг/л, что является гарантией эффективности обеззараживания.

Кроме того, наличие активного остаточного хлора необходимо для предотвращения вторичного загрязнения воды в разводящей сети. Таким образом, наличие остаточного хлора является косвенным показателем безопасности воды в эпидемическом отношении.

Общее количество хлора, необходимое для обезвреживания воды и обеспечения наличия необходимого количества свободного активного хлора (0,3–0,5 мг/л) называется хлорпотребностью. При нормальном хлорировании количество связанного активного хлора при хлорировании с аммонизацией остаточного хлора должно быть в пределах 0,8–1,2 мг/л.

Хлорирование характеризуется широким спектром антимикробного действия в отношении вегетативных форм микроорганизмов, экономичностью, простотой технологического оформления, наличием способа оперативного контроля за процессом обеззараживания.

Хлорирование имеет и ряд существенных недостатков: хлор и его препараты являются токсичными соединениями, поэтому работа с ними требует строго соблюдения техники безопасности. Хлор воздействует в основном на вегетативные формы микроорганизмов, при этом грамположительные формы бактерий более устойчивы к его действию, чем грамотрицательные. Имеются данные о реактивности микроорганизмов в хлорированной питьевой воде, появлении хлорустойчивых штаммов. Для получения гарантированного бактерицидного эффекта прибегают к хлорированию заведомо избыточными дозами хлора, что ухудшает органолептические показатели и приводит к денатурации воды.

Эффективность обеззараживающего действия хлора и его препаратов зависит от биологической характеристики микроорганизма (вид, штамм, плотность заражения). Спороцидный эффект возникает при относительно высоких концентрациях активного хлора в питьевой воде (200–300 мг/л и экспозиции от 1,5 до 24 часов). Вирулицидное действие хлорсодержащих препаратов – гибель вирусов наблюдается при концентрации активного хлора от 0,5 до 100 мг/л. Высокореzистентными к действию хлора являются также цисты простейших и яйца гельминтов.

Кроме того, эффективность обеззараживания зависит от химического состава воды и экспозиции. Различные химические вещества антропогенного происхождения могут существенно влиять на эффективность процесса обеззараживания. Например, поверхностно-активные вещества препятствуют реализации бактерицидного эффекта хлора и даже проявляют стимулирующее действие, вызывая размножение микрофлоры.

В последние годы в литературе появились сообщения о возможности образования в воде галогенсодержащих соединений (ГСС) после хлорирования. Источником наибольшего количества ГСС в воде являются гуминовые кислоты, фульвокислоты, хиноины, производные фенола, анилина, а также продукты метаболизма водорослей. На процесс образования ГСС в водной среде оказывает влияние реакционная способность и концентрация органических соединений, форма и доза хлора. ГСС обладает выраженным общетоксическими свойствами, а также дают отдаленные эффекты – эмбриотоксический, мутагенный, канцерогенный.

### **Методы хлорирования**

#### ***Хлорирование нормальными дозами***

Доза хлора устанавливается экспериментально по сумме величин хлорпоглощаемости и нормы остаточного хлора (хлорпотребности воды) путем проведения опытного хлорирования. Хлорирование нормальными дозами является наиболее часто применяемым методом на водопроводных станциях. Минимальное время контакта воды с хлором при хлорировании составляет летом не менее 30 минут, зимой – 1 часа.

Этапы хлорирования:

- определение хлорпотребности воды;
- расчет необходимого количества хлора для обеззараживания воды;
- контроль эффективности хлорирования путем определения количества остаточного хлора в воде.

*Преимущества:*

- малый расход хлора;
- не изменяются органолептические свойства воды.

*Недостатки:*

- трудно выбрать рабочую дозу хлора.

**Гиперхлорирование** – хлорирование избыточными дозами хлорсодержащими соединениями, заведомо превышающими хлорпотребность воды. Гиперхлорирование применяется в неблагоприятной эпидемиологической обстановке, при отсутствии или неэффективной работе водоочистных сооружений, в полевых условиях, при отсутствии возможности проведения пробного хлорирования для определения хлорпотребности, при невозможности обеспечить достаточное время контакта с хлором.

*Преимущества:*

- создает возможность надежного обеззараживания мутных, цветных, сильнозагрязненных и зараженных вод;
- сокращается время обеззараживания до 10–15 минут;
- упрощается техника хлорирования, т. к. нет необходимости проводить опытное хлорирование.

Доза хлора определяется ориентировочно в зависимости от вида водоемочника, качества воды (мутности, цветности), степени её загрязнения и опасности в эпидемическом отношении. При гиперхлорировании воды хорошо оборудованных колодцев, при хороших органолептических свойствах воды – 10 мг/л, при пониженной прозрачности колодезной воды, воды рек или озер (прозрачной и бесцветной) – 15 мг/л, при сильном загрязнении воды любого водоемочника и при использовании воды из источников непитьевого назначения (вода искусственных прудов и запруд) – 25–20 мг/л. В неблагоприятной эпидемиологической обстановке доза хлора может быть увеличена до 100 мг/л.

По истечении необходимого времени контакта избыточное количество остаточного хлора удаляют путем дехлорирования воды тиосульфатом натрия или фильтрацией через активированный уголь.

*Недостатки:*

- большой расход препаратов хлора;
- необходимость проведения дехлорирования.

**Хлорирование с преаммонизацией**

Этот метод применяется в случае обнаружения в воде поверхностных водоемочников фенолов, попадающих туда с промышленными сточными водами. При взаимодействии хлора с фенолом образуются стабильные хлорфенольные соединения, придающие воде резкий аптечный запах и привкус, что делает воду непригодной для питья и ограничивает использование других способов хлорирования. При хлорировании с преаммонизацией в воду вначале вносится аммиак, образующий амины, а затем хлор, вступающий в реакцию с аминами с образованием хлорамина, который и оказывает бактерицидное действие. Образующиеся хлорамины не взаимодействуют с фенолами из-за более низкого окислительно-восстановительного потенциала и хлорфенольный запах не возникает. К недостаткам метода можно отнести то, что хлораминный хлор проявляет бактерицидный эффект в 2 раза медленнее, чем свободный хлор, и обладает более низким окислительно-восстановительным потенциалом, поэтому время хлорирования увеличивается и количество остаточного связанного хлора должно составлять 0,8–1,2 мг/л.

Данный способ хлорирования может применяться при необходимости транспортировки воды по трубопроводам на большие расстояния. Это обусловлено тем, что остаточный связанный (хлораминный) хлор обеспечивает более длительный бактерицидный эффект, чем свободный.

Лучшим соотношением аммиака и хлора считается 1:4, при котором образуется монохлорамин, наиболее эффективно предотвращающий появление запаха. Уже образовавшийся запах аммонизация не устраняет.

### *Двойное хлорирование*

Хлор подается в воду первый раз в смеситель перед отстойниками, а второй – после фильтров. Хлор перед отстойниками ослабляет защитные свойства коллоидов, облегчая процесс коагуляции, и позволяет уменьшить дозу коагулянта. Кроме того, он подавляет рост бактерий, засоряющих песок на фильтрах, и делает более успешным повторное заключительное хлорирование. Двойное хлорирование применяют в тех случаях, когда бактериальная загрязненность речной воды высока или подвержена значительным колебаниям. Повторное обеззараживание служит дополнительной гарантией надежности эпидемиологической безопасности воды.

### **Обеззараживание воды озоном**

Озон ( $O_3$ ) является сильным окислителем; его окислительный потенциал (+1,9 В) превышает потенциал хлора (+1,359 В). Окислительные свойства озона связаны с атомарным кислородом, который выделяется при его разложении. Атомарный кислород является одним из наиболее сильных окислителей и уничтожает бактерии, споры, вирусы, разрушает растворенные в воде органические вещества. Механизм бактерицидного действия озона до настоящего времени остается предметом дискуссии. Одни авторы считают, что озон инактивирует бактериальные ферменты, приводя к нарушению обменных процессов и гибели микробной клетки. Другие предполагают, что под действием озона происходят значительные изменения структуры и морфологии бактерий, а также необратимые изменения в бактериальной ДНК.

Озон получают из воздуха в специальных приборах – озонаторах – при помощи электрических разрядов высокого напряжения. Озонированный воздух подается в стерилизационные баки, где происходит перемешивание его с водой, подлежащей обеззараживанию. Расход озона колеблется в очень широких пределах – от 2 до 17 мг/л и выше. Количество остаточного озона не должно превышать 0,2–0,5 мг/л. Более высокие концентрации вызывают усиленную коррозию водопроводной системы, ее металлических частей (труб).

Озонирование нашло применение на кораблях торгового и Военно-Морского флота и других объектах с автономным водоснабжением.

Озонирование имеет ряд существенных преимуществ перед хлорированием. Основными из них являются:

1. Более высокий бактерицидный и спороцидный эффект. Обеззараживающее действие озона в 15–20 раз, а на споровые формы бактерий примерно в 300–600 раз сильнее действия хлора. Озон эффективен при уничтожении простейших. Высокий вирулицидный эффект озона отмечается в концентрациях 0,5–0,8 мг/л и экспозиции 12 минут при реальных дозах для практики водоснабжения.

2. Избыток озона в отличие от хлора не денатурирует воду.

3. Озон можно использовать и для дезодорации питьевой воды, удаления токсических органических веществ.

4. Выработка озона на месте из воздуха, в связи с чем отпадает необходимость в сырье, его транспортировке и хранении.

5. Наличие оперативного контроля за эффективностью обеззараживания.

6. Отработанные технологические схемы получения реагента.

7. Минеральный состав, щелочность, рН воды остаются без изменений.

Недостатками этого метода остаются относительно высокая стоимость обработки воды (примерно в 2 раза больше по сравнению с хлором) и большая зависимость бактерицидного действия от физико-химических свойств воды (мутности, цветности, наличия органических веществ и других восстановителей) и технологических параметров процесса. Так, например, для обеззараживания коагулированной и фильтрованной нежесткой воды требуется 2–3 мг/л озона, а для фильтрованной, но не коагулированной – 17–20 мг/л. Кроме того, озон является взрывоопасным и токсичным для человека реагентом, что требует строгого соблюдения техники безопасности и надежного оборудования на станциях водоподготовки. Озон быстро распадается в обработанной воде (20–30 минут), что ограничивает его применение в качестве конечного дезинфицирующего средства. После озонирования нередко на-

блюдают значительный рост микрофлоры, объясняя его как реактивацией бактерий, так и вторичным загрязнением обработанной воды. Имеются данные, что даже высокие концентрации озона (20 мг/л) и длительная экспозиция (1,5–2 часа) не обеспечивали полного эффекта обеззараживания в отношении бактериальных спор. При обработке воды озоном могут образовываться побочные токсические продукты. К ним относятся броматы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, другие гидроксильированные и алифатические ароматические соединения. Данные вещества могут вызывать мутагенный и другие неблагоприятные эффекты. Если в схеме обработки воды после озонирования применяется хлорирование, то возможно образование из побочных продуктов озонирования тригалометанов – известных канцерогенов и мутагенов.

Перекись водорода ( $H_2O_2$ ) является сильным окислителем, причем акцептором так же, как и у озона, служит атомарный кислород. Из-за трудности получения  $O_3$  в больших количествах и дороговизны перекись водорода широкого применения в практике водоснабжения не приобрела.

#### **Обеззараживание воды перекисью водорода**

Предположительно основным механизмом антибактериального действия перекиси водорода является образование супероксидных и гидроксильных радикалов, которые могут оказывать либо прямое цитотоксическое действие, либо опосредованное, приводящее к повреждению ДНК микроорганизмов.

Перекись водорода обеспечивает обеззараживание воды без образования токсичных продуктов, загрязняющих внешнюю среду. Реагент не изменяет органолептических свойств воды и значительно снижает ее цветность (до 50 %), что весьма ценно для обеззараживания окрашенных вод. К числу недостатков метода относятся: необходимость введения катализаторов для ускорения высвобождения атомарного кислорода и жидкая форма препарата.

#### **Обеззараживание воды ионами серебра**

По современным представлениям, ионы серебра сорбируются клеточной оболочкой и после достижения избыточной концентрации проникают в микробную клетку. Ионы серебра бло-

кируют функциональные группы основных ферментных систем клетки, расположенных в цитоплазматической мембране или в периплазматическом пространстве.

Практически метод обеззараживания серебром может быть применен для обеззараживания и консервации небольших объемов воды на объектах с автономными системами водоснабжения. небольших индивидуально-групповых запасов воды.

Наибольшее применение получило использование электролитического или анодорастворимого серебра. Метод основан на растворении серебряного электрода (анода) при пропускании постоянного тока через обеззараживаемую воду. Электролитическое введение реагента позволяет автоматизировать процесс обеззараживания воды, а образующиеся при этом на аноде ионы гипохлорита и перекисных соединений усиливают бактерицидное действие анодорастворимого серебра.

Положительными сторонами обеззараживания воды серебром являются неизменяемость ее органолептических свойств. Серебро оказывает выраженное последствие, что позволяет консервировать воду на срок до 6 месяцев и более, что особенно важно в тех случаях, когда возникает необходимость в длительном хранении воды (оборонительные сооружения, корабли ВМФ). К достоинствам способа относится автоматизация процесса и точное дозирование реагента.

К недостаткам метода следует отнести трудность дозировки, медленное и ненадежное бактерицидное действие, а также сильное влияние на бактерицидный эффект физико-химических свойств воды, особенно содержания в ней хлоридов. Серебро является дорогим и весьма дефицитным реагентом. Серебро не оказывает спороцидного действия, но прорастание спор в присутствие ионов серебра задерживается. Вирулицидное действие ионов серебра проявляется только при высоких концентрациях – 0,5–10 мг/л. Необходимый бактерицидный эффект при концентрации серебра 0,06–0,1 мг/л достигается после экспозиции 2–6 ч, а в ряде случаев – через 24 часа. Возможно развитие устойчивости к серебру у патогенных микроорганизмов. Эффективными рабочими концентрациями серебра являются 0,2–0,4 мг/л. Вме-



сте с тем, ПДК в воде этого металла, установленная по токсикологическому признаку вредности, составляет 0,05 мг/л. Некоторые исследователи сообщают об отсутствии отрицательного влияния серебра в концентрации 0,2–2,0 мг/л на организм лабораторных животных и культуру тканей. В «Руководстве по контролю качества питьевой воды» ВОЗ подчеркивается, что такое содержание серебра небезопасно для здоровья человека.

#### **Обеззараживание воды ионами меди**

Медь, как и серебро, являясь олигодинамическим металлом, оказывает инактивирующее действие на бактерии и вирусы, но в больших концентрациях, чем серебро.

Инактивация микроорганизмов медью протекает медленнее. Чем свободным хлором или хлорамином. На эффективность обеззараживания воды медью влияют физико-химические показатели качества воды.

#### **Обеззараживание воды йодом**

Способ, когда в воду, непригодную для питья, добавляются различные растения или вещества природного происхождения, и при этом вода впоследствии не кипятится, можно назвать естественным способом обеззараживания воды. Такое обеззараживание воды не так эффективно, как обеззараживание воды йодом, однако может применяться тогда, когда ничего иного нет под рукой. Из растений обычно применяются те, которые, по сути, являются природными антисептиками.

Препараты йода в отличие от препаратов хлора действуют быстрее, не ухудшают органолептические свойства воды. Бактерицидный эффект обеспечивается при концентрации 0,3–1,0 мг/л и экспозиции 20–30 минут.

Вирулицидное действие йода зависит от температуры воды, рН, экспозиции и отмечается в диапазоне концентраций 0,5–2,0 мг/л. Есть данные о паразитоцидном действии йода. В связи с высокими бактерицидными свойствами, наличием вирулицидного и паразитоцидного действия препараты йода рассматриваются как одно из перспективных средств обеззараживания питьевой воды.

В процессе фильтрации за счет абсорбционных и адгезионных механизмов, явлений сорбционного взаимодействия микроорганизмов с различными материалами, происходит очистка воды от бактериальных и вирусных агентов.

Ультрафильтрация, сорбционная и мембранная технологии находят в последние годы все большее применение в практике водоподготовки, так как данные методы высокоэффективны при освобождении воды от патогенных микроорганизмов, вирусов, простейших.

*Достоинства метода:*

- метод не ухудшает физико-химические показатели обрабатываемой воды;
- простой, экономичный и доступный в эксплуатации.

#### **Физические методы обеззараживания воды**

##### ***Ультрафиолетовое облучение***

Благотворное действие солнечного света на воду было известно еще в глубокой древности. В одной из санскритских книг («Усрута Сангита»), написанной за две тысячи лет до нашей эры, сказано: «Хорошо держать воду в медных сосудах, выставлять ее на солнце и фильтровать через древесный уголь». Однако объяснение причин благоприятного действия света на воду стало возможным лишь после открытия микроорганизмов и изучения влияния на них солнечного света. В дальнейшем было установлено, что максимальное бактерицидное действие оказывает ультрафиолетовый участок спектра, в особенности лучи с длиной волны от 250 до 260 нм (область С). Чувствительность микроорганизмов к УФИ в этом диапазоне хорошо изучена и определяется по дозе излучения, которая обычно измеряется в мДж/см<sup>2</sup> или мВт\*с/см<sup>2</sup>. Доза, обеспечивающая 90 % инактивацию *E. coli*, составляет 3 мДж/см<sup>2</sup>.

УФИ оказывает бактерицидное, вирулицидное и спороцидное действие. Микроорганизмы по чувствительности к УФИ располагаются в следующем порядке: вегетативные бактерии > вирусы > бактериальные споры > цисты > простейшие. Следовательно, вирусы более устойчивы к УФИ, чем вегетативные формы бакте-



рий, и среди них вирусы, содержащие двухнитевую ДНК, более устойчивы, чем вирусы с однонитевой ДНК. Для эффективного заключительного обеззараживания воды УФ-установки должны обеспечивать дозу облучения не менее 16 мДж/см<sup>2</sup>.

Гибель микроорганизмов под действием УФИ с длиной волны 250–260 нм происходит за счет необратимых повреждений бактериальной ДНК. Основными мишенями при этом являются азотистые основания нуклеотидов – пурины и пиримидины. УФИ в области 280 – 400 нм также способно индуцировать фотодеструктивные реакции в ДНК. В результате обработки УФИ наряду с ДНК повреждаются РНК, мембранные и белковые структуры бактериальной клетки.

В последние годы появились сообщения об образовании в воде под действием УФИ свободнорадикальных продуктов, которые усиливают бактерицидное действие этого физического фактора.

*Преимущества метода:*

- широкий спектр антибактериального действия;
- отсутствие опасности передозировки;
- короткая экспозиция, исчисляемая несколькими секундами;
- УФИ не денатурирует воду, не изменяет её запаха и вкуса;
- способ не требует реакционных емкостей, отличаясь высокой производительностью и простотой эксплуатации;
- обеспечивает улучшение условий труда обслуживающего персонала, так как исключаются из обращения вредные химические вещества (хлор);
- определяет экономическую рентабельность, способ по стоимости сравним с хлорированием;
- эффективность обеззараживания не зависит от рН и температуры воды;
- установки УФ-обеззараживания компактны, работают в проточном режиме, надежны в отношении техники безопасности.

К *недостаткам* метода следует отнести отсутствие обеззараживания при аварийном отключении энергии, отсутствии надежного способа оперативного контроля за эффективностью обезза-

раживания и большое влияние физико-химических свойств воды на эффект обеззараживания.

Повышенная цветность, мутность воды снижает бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей, вид микроорганизмов, их количество, доза облучения также влияют на бактерицидный эффект. Кроме того, эффективная доза УФИ зависит от типа установки и, следовательно, необходимо проверять эффективность работы оборудования в каждом конкретном случае.

К числу негативных особенностей способа относится и возможность осаждения содержащихся в воде гуминовых кислот, железа и солей марганца на кварцевом чехле ламп, что уменьшает интенсивность излучения.

Обеззараживание УФИ не имеет эффекта последствия, что делает возможным вторичный рост бактерий в обрабатываемой воде. Реактивация микрофлоры возникает в тех случаях, когда интенсивность УФИ ниже необходимого уровня, обработанная вода подвергается вторичному загрязнению или последующему облучению видимым светом (фотореактивация). Наряду с фотореактивацией возможна и фотозащита – возрастание устойчивости к действию коротковолнового УФИ у микроорганизмов, предварительно облученных длинноволновым УФ-светом.

#### *Ультразвуковое облучение*

Особенностью ультразвукового облучения является большая интенсивность колебаний, что обуславливает его физико-химическое и биологическое действие. Единой теории, объясняющей бактерицидное действие УЗК в воде, до настоящего времени не существует. Одни считают, что биологическое действие УЗК обусловлено механическими колебаниями в результате ультразвуковой кавитации, другие, наряду с механическим воздействием, подчеркивают роль химических реакций, вызванных влиянием данного физического фактора.

УЗК оказывают губительное действие на самые разнообразные микроорганизмы – патогенные и непатогенные, анаэробные и аэробные, вегетативные и споровые, а также разрушают продукты и их жизнедеятельности.

Эффективность бактерицидного действия УЗК зависит от целого ряда обстоятельств: параметров УЗК (интенсивности, частоты колебаний, экспозиции); некоторых физических особенностей озвучиваемой среды (температура, вязкость); морфологических особенностей возбудителя (размеров и формы бактериальной клетки, наличия капсулы, химического состава мембраны, возраста культуры).

Мутность воды до 50 мг/л и ее цветность, а также содержание в ней различных химических элементов (железо, марганец), обычно снижающих бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей, заметного влияния на бактерицидный эффект ультразвуковых колебаний не оказывает.

*Преимущества метода:*

- широкий спектр антимикробного действия;
- отсутствие отрицательного влияния на органолептические показатели воды;
- независимость бактерицидного действия от основных физико-химических параметров воды;
- возможность автоматизации процесса.

*Недостатки метода:*

- отсутствие последствий и метода оперативного контроля за эффективностью обеззараживания;
- процесс обеззараживания в 2–4 раза более дорогой, чем обработка УФИ;
- трудность конструирования установок большой производительности, отличающихся надежностью в эксплуатации и приемлемой себестоимостью.

Теоретические, научные и технологические основы использования УЗК до настоящего времени не разработаны, поэтому возникают трудности при определении оптимальной интенсивности колебаний и их частоты, времени озвучивания и других параметров процесса.

В качестве источника УЗК используют различные пьезоэлектрические и магнитоэлектрические генераторы.

### ***Ионизирующее излучение***

Гамма-излучение оказывает выраженное бактерицидное действие. Доза  $\gamma$ -лучей порядка 25000–50000 R вызывает гибель практически всех видов микроорганизмов, а доза 100000 R освобождает воду от вирусов. Механизм действия связан с повреждающим действием на бактериальные клетки и вирусы свободно радикальных продуктов, образующихся в результате радиолиза воды.

*Преимущества метода:*

- большая проникающая способность  $\gamma$ -лучей;
- независимость бактерицидного действия от химического состава и физических свойств воды;
- отсутствие влияния на органолептические показатели воды;
- относительная дешевизна.

*Недостатки метода:*

- строгие требования к технике безопасности для обслуживающего персонала;
- ограниченное число источников излучения;
- отсутствие последствий и способа оперативного контроля за эффективностью обеззараживания.

В литературе имеются сообщения о возможности использования для обеззараживания воды и некоторых других физических факторов: электромагнитных полей, лазерного излучения, вакуумирования. До настоящего времени изучение этих способов находится на стадии лабораторных исследований.

### ***Комбинированные методы обеззараживания воды***

Для обеззараживания питьевой воды предлагаются ***комбинированные физические способы***, в частности сочетание УФИ и УЗК, термическая обработка с УЗК или  $\gamma$ -излучением, комплекс электрических воздействий. Характерными недостатками комбинированных физических способов являются отсутствие последствий и способа оперативного контроля за эффективностью обеззараживания воды.

В последнее время большое внимание уделяется физико-химическим способам обеззараживания питьевой воды. Особенный интерес вызывает сочетание УФИ с химическими дезинфектан-

тами. Предлагается совместное использование УФИ с ионами серебра и меди, возможно использование УФИ с хлором и перекисью водорода, УЗК с хлором. Кроме получения более высокого антимикробного эффекта, таким образом можно устранить один из недостатков УФИ – отсутствие последействия.

Установлено, что в результате предварительного введения в воду окислителей (озона, перекиси водорода) и последующей ее обработки УФИ образуются свободные радикалы, которые в свою очередь являются более мощными окислителями. При совместном действии УФИ и окислителей отмечено значительное усиление скорости и степени инактивации бактерий по сравнению с действием каждого агента в отдельности.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

*Архангельский В.И., Мельниченко П.И.* Гигиена. Compendium: учебное пособие. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2012. С. 38–63.

*Большаков А.М., Маймулов В.Г. и др.* Общая гигиена: учебное пособие. 2-е изд. доп. перераб. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2009. С. 133–235.

### *Дополнительная*

Сборник нормативно-методических документов по гигиене. Бишкек, 2004. С. 211–367.

*Беляев Е.Н., Домнин С.Г., Митин А.В.* Питьевая вода и здоровье населения. Вып. 1: Влияние химического состава воды на здоровье населения. М.: Федер. центр Госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2002. 63 с.

*Бивалькевич А.И., Трофимович Е.М., Багаев Ю.Г.* Проектирование зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 3. С. 16–19.

*Егорова Н.А.* Региональные показатели гигиенического мониторинга качества питьевой воды // Матер. 9 Всерос. съезда гигиенистов и санитарных врачей. М., 2001. Т. 1. С. 417–420.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА I. ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ЕСТЕСТВЕННЫМ И ИСКУССТВЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ И СОСТОЯНИЕМ, ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ .....	5
<b>1. Основы гигиенической оценки состояния воздушной среды.....</b>	<b>5</b>
1.1. Гигиеническое значение и методы оценки естественной и искусственной освещенности .....	5
1.2. Ультрафиолетовая радиация, ее виды и влияние на здоровье человека .....	6
1.3. Видимые электромагнитные излучения .....	7
1.4. Инфракрасное тепловое излучение .....	7
1.5. Методы оценки естественной и искусственной освещенности .....	11
1.6. Искусственное освещение .....	15
<b>2. Гигиеническая оценка температуры, влажности и скорости движения воздуха в помещении .....</b>	<b>20</b>
1.2.1. Характеристика метеорологических факторов .....	20
1.2.2. Методы определения температуры .....	26
1.2.3. Влажность воздуха .....	28
1.2.4. Определение скорости движения (подвижности воздушных потоков) .....	34
1.2.5. Атмосферное давление.....	38
<b>3. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферы и воздуха помещений.....</b>	<b>42</b>
1.3.1. Гигиеническая характеристика воздуха жилых и общественных зданий .....	42
1.3.2. Гигиеническое значение пыли и механических примесей в воздухе .....	43
1.3.3. Оценка химической загрязненности воздуха.....	45
1.3.4. Гигиеническая оценка микробной обсемененности воздушной среды помещений.....	47

1.3.5. Системы вентиляции и их гигиеническая характеристика .....	53
<b>ГЛАВА 2. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И МЕТОДАМ ЕЕ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ .....</b>	<b>59</b>
2.1. Гигиенические требования к источникам хозяйственно-питьевого водоснабжения .....	59
2.2. Поверхностные водоисточники.....	65
2.3. Подземные водоисточники .....	67
2.4. Гигиенические требования к системам водоснабжения .....	70
2.5. Гигиенические требования к зонам санитарной охраны водозаборов водоисточников.....	72
2.6. Гигиенические показатели качества питьевой воды ...	76
2.7. Физико-химические показатели качества питьевой воды .....	81
2.8. Микробиологические показатели качества питьевой воды .....	97
2.9. Методы улучшения качества питьевой воды .....	101
Рекомендуемая литература.....	129

**Р.О. Касымова, К.Т. Омуралиев**

**ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ  
ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ**

Редактор *И.С. Волоскова*  
Компьютерная верстка *М.Ж. Капаровой*

Подписано в печать 14.10.2014  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная  
Объем 8,25 п. л. Тираж 100 экз. Заказ 77

Издательство КРСУ  
720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ  
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2