

Лекция №9

Тема: «Гигиена воды и водоснабжения населенных мест. Гигиена почвы»

Вода - важнейший элемент окружающей среды, оказывающий существенное влияние на здоровье и деятельность человека, это основа зарождения и поддержания всего живого.

Системы водоснабжения.

При **централизованной** системе вода подается потребителям по трубопроводам в виде *внутридомового* или *уличного* (водоразборные колонки) водопровода; при **нецентрализованной (местной)** - потребитель забирает воду непосредственно из водоисточника. При *централизованном водоснабжении из подземных водоисточников* вода поднимается по скважине и подается в водопроводную распределительную сеть без очистки. *Из открытых водоемов* вода откачивается насосами и подвергается очистке и обеззараживанию на головных сооружениях водопровода, после чего подается в распределительную сеть.

При **нецентрализованном водоснабжении** используются шахтные или трубчатые колодцы, каптажи родников и инфильтрационные колодцы (галереи). Водозаборные сооружения располагают на незагрязненном участке, в > 50 м выше по току грунтовых вод от источников загрязнения (выгребных ям, складов удобрений и ядохимикатов, предприятий местной промышленности, канализационных сооружений и др.); > 30 м от магистралей с интенсивным движением автотранспорта; на сухих участках, не затопляемых паводковыми водами.

Питьевая вода должна:

- быть безопасной в эпидемическом и радиационном отношении;
- быть безвредной по химическому составу;
- обладать благоприятными органолептическими свойствами.

Качество воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения регламентируется СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»

Большое внимание уделяется органолептическим свойствам воды

- **Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения**
- Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.
- Показатель **общего микробного числа** позволяет получить представление о массивности бактериального загрязнения воды с учетом сапрофитной микрофлоры, поэтому этот показатель используется для контроля эффективности обработки воды на очистных сооружениях водопровода и служит сигналом нарушений в технологии водоподготовки.
- Показателем фекального загрязнения воды является норматив на содержание термотолерантных колиформных бактерий *Escherichia coli*. Отсутствие общих колиформ и термоталерантных колиформ является основным критерием эпидемической безопасности воды. Присутствие в воде колифагов, является санитарным показателем вирусного загрязнения питьевой воды.

- В качестве паразитологического показателя установлен норматив на содержание цист лямблий.
- Безвредность питьевой воды по **химическому составу** характеризуется токсикологическими показателями ее качества и определяется ее соответствием нормативам по следующим показателям:
- обобщенные показатели и содержание вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах, а также вещества антропогенного происхождения, получившие глобальное распространение (сухой остаток, рН, перманганатная окисляемость, нефтепродукты, фенольный индекс, жесткость, ПАВ)
- содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения (алюминий, формальдегид, железо, полифосфаты, хлориды)
- содержание вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека.

- Благоприятные **органолептические свойства** воды определяются с помощью органов чувств и включают внешний осмотр пробы воды, выявление пленки на ее поверхности, определение цветности, прозрачности (мутности), запаха и вкуса воды.
- **Радиационная безопасность** питьевой воды основана на общей α - и β -радиоактивности питьевой воды:
 - общая α -радиоактивность не должна превышать 0,1 Бк/л,
 - общая β -радиоактивность не должна превышать 1,0 Бк/л.

- **Санитарно-химические показатели органического загрязнения:**
- *Биохимическая потребность воды в кислороде (БПК)–* это величина снижения количества растворенного в воде кислорода за определенный период времени (обычно за 5 суток – БПК₅ или за 20 суток – БПК₂₀)
- перманганатная окисляемость – будут повышены.
- по конкретным соединениям в воде — углеводородам, смолам, фенолам – также будут превышать ПДК.
- по уровню увеличения по сравнению с результатами предыдущих исследований для одного и того же сезона количества таких санитарно-химических показателей как ***соли аммония, нитриты и нитраты (т.н. "белковая триада") растворенный кислород и хлориды.***

- **Санитарный режим водоема** характеризуется прежде всего количеством растворенного в нем кислорода. Его должно быть не менее 4 мг/л в любой период года.
- Каждый водоем — это сложная живая система, где обитают растения, специфические организмы, в том числе и микроорганизмы, которые постоянно размножаются и отмирают, что обеспечивает самоочищение водоемов. Факторы самоочищения водоемов многочисленны и многообразны. Условно их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

- **Физические факторы**— это **разбавление, растворение и перемешивание** поступающих загрязнений, осаждение в воде нерастворимых осадков, в том числе и микроорганизмов.
- Из **химических факторов** самоочищения следует отметить окисление органических и неорганических веществ.
- К **биологическим факторам** самоочищения водоемов относится размножение в воде водорослей, плесневых и дрожжевых грибков, сапрофитной микрофлоры. Кроме растений, самоочищению способствуют и представители животного мира: моллюски, некоторые виды амеб.
- Самоочищение загрязненной воды сопровождается улучшением ее органолептических свойств и освобождением от патогенных микроорганизмов.

- **Методы улучшения качества питьевой воды**
- На водопроводных очистных сооружениях применяются **физические методы** очистки воды (**отстаивание и фильтрация**) и **химические (коагуляция)**.
- Для ускорения процесса осветления и обесцвечивания на водопроводных станциях часто используется предварительная химическая обработка воды **коагулянтами** ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , FeSO_4) и **флокулянтами** (водорастворимые высокомолекулярные соединения, например, полиакриламид), образующими при реакции с бикарбонатами воды коллоидный раствор гидрата окиси алюминия, который в дальнейшем коагулирует с образованием хлопьев:
 - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \underline{2\text{Al}(\text{OH})_3} + 3\text{CaSO}_4 + 6\text{CO}_2$
 - Процесс оседания сопровождается адсорбцией органических примесей, микроорганизмов, яиц гельминтов и пр.
 - Эффект коагуляции зависит от бикарбонатной жесткости воды и от дозы коагулянта. При недостаточном количестве коагулянта не достигается полное осветление воды, а при избытке – вода приобретает кислый вкус и возможно вторичное образование хлопьев.

- **Отстаивание воды в горизонтальных и вертикальных отстойниках** приводит к ее осветлению и частичному обесцвечиванию.
- В **горизонтальных отстойниках** вода движется горизонтально по направлению продольной оси. На частицы взвеси действуют 2 силы: горизонтально - сила F , зависящая от скорости и направления движения воды, и вниз - сила тяжести частиц P . Вектор этих сил обуславливает направление осаждения частиц (по диагонали вниз). Чем длиннее отстойник, тем эффективнее осаждение частиц и осветление воды.
- В **вертикальных отстойниках** - резервуарах цилиндрической или прямоугольной формы с конусообразным дном вода подается через трубу снизу и медленно поднимается вверх. При этом силы F и P разнонаправлены и оседают только те частицы взвеси, у которых $F < P$, поэтому скорость протекания воды в вертикальном отстойнике должна быть меньше, чем в горизонтальном. Скорость течения воды в горизонтальных отстойниках - 2-4 мм/с, а в вертикальных - < 1 мм/с. Длительность отстаивания воды - 4-8 ч. При этом мельчайшие частицы и значительная часть микроорганизмов не успевают осесть.

- **Фильтрация воды**, позволяющая удалить взвешенные и коллоидные примеси, проводится на медленных и скорых фильтрах.
- В **медленных фильтрах** воду пропускают через подстилаемый гравием крупнозернистый песок, на поверхности и в глубине которого задерживаются взвешенные частицы, образующие активную «биологическую пленку», состоящую из адсорбированных взвешенных частиц, планктона и бактерий. Пленка имеет поры малого диаметра и сама является эффективным фильтром и средой, где происходит самоочищение воды. Профильтрованная вода отводится через дренаж в нижней части емкости. **Достоинства** медленных фильтров: равномерная фильтрация, эффективность фильтрации 99% бактерий и простота устройства; **недостаток** - малая скорость движения воды (10 см/ч). Медленные фильтры используются на сельских водопроводах, где потребность в очищенной воде не велика.
- **Скорые фильтры** значительно увеличивают скорость фильтрации (5 м³/ч), однако загрязнение фильтрующего слоя происходит быстрее, что требует промывки фильтра 2 раза в сутки (в медленных фильтрах 1 раз в 1,5-2 мес).

- **Специальные методы улучшения качества воды** применяются с целью удаления из нее некоторых химических веществ и частично улучшения органолептических свойств.
- Дезодорация— устранение запахов. Достигается аэрированием, обработкой окислителями (озонирование, большие дозы хлора, марганцовокислый калий), фильтрованием через активированный уголь.
- Обезжелезивание производится путем разбрызгивания воды с целью аэрации в специальных устройствах — градирнях. При этом двухвалентное железо окисляется в гидрат окиси железа, который осаждается в отстойнике и задерживается на фильтре.

- Умягчение воды достигается фильтрованием через ионообменные фильтры, загруженные либо катионитами (обмен катионов), либо анионитами (обмен анионов). Происходит обмен ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} на ионы Na^{+} или H^{+} .
- Опреснение. Последовательное фильтрование воды сначала через катионит, а затем через анионит позволяет освободить воду от всех растворенных в ней солей. Термический метод опреснения — дистилляция, выпаривание с последующей конденсацией. Вымораживание. Электродиализ — опреснение с использованием селективных мембран.
- Деконтаминация. Снижение содержания радиоактивных веществ в воде на 70-80% происходит при коагуляции, отстаивании и фильтровании воды. Для более глубокой деконтаминации воду фильтруют через ионообменные смолы

- Обезфторивание воды проводят фильтрованием через анионообменные фильтры. Часто для этого используют активированную окись алюминия. Иногда для снижения концентрации фтора проводят разбавление водой другого источника, не содержащей фтора либо содержащей его в ничтожных количествах.
- Фторирование. Искусственное добавление фтора. Проводят при содержании фтора в воде менее 0,7 мг/л с целью профилактики кариеса зубов. Фторирование воды снижает заболеваемость кариесом на 50-70%, т.е. в 2-4 раза.

- **Методы обеззараживания питьевой воды и их гигиеническая оценка**
- Обеззараживание воды может быть проведено **химическими и физическими** (безреагентными) методами.
- К химическим методам обеззараживания воды относят хлорирование и озонирование. Задача обеззараживания — уничтожение патогенных микроорганизмов, т.е. обеспечение эпидемической безопасности воды.
- В настоящее время хлорирование воды является одним из наиболее широко распространенных профилактических мероприятий. Этому способствует доступность метода и надежность обеззараживания, а также многовариантность .
- Принцип хлорирования основан на обработке воды хлором или химическими соединениями, содержащими хлор в активной форме, обладающей окислительным и бактерицидным действием.
- Химизм происходящих процессов состоит в том, что при добавлении **хлора** к воде происходит его гидролиз.

- Хлорноватистая кислота. Небольшие размеры молекулы и электрическая нейтральность позволяют хлорноватистой кислоте быстро пройти через оболочку бактериальной клетки и воздействовать на клеточные ферменты.
- На крупных водопроводах для хлорирования применяют газообразный хлор, поступающий в стальных баллонах или цистернах в сжиженном виде. Используют, как правило, метод нормального хлорирования (по хлорпотребности).
- Имеет важное значение выбор дозы, обеспечивающий надежное обеззараживание. При обеззараживании воды хлор не только способствует гибели микроорганизмов, но и взаимодействует с органическими веществами воды и некоторыми солями. Все эти формы связывания хлора объединяются в понятие "хлорпоглощаемость воды".

- В соответствии с СанПиН 2.1.4.559-96 "Питьевая вода..." доза хлора должна быть такой, чтобы после обеззараживания в воде содержалось 0,3-0,5 мг/л свободного остаточного хлора. Этот метод, не ухудшая вкуса воды и не являясь вредным для здоровья, свидетельствует о надежности обеззараживания.
- Количество активного хлора в миллиграммах, необходимое для обеззараживания 1 л воды, называют хлорпотребностью.
- Кроме правильного выбора дозы хлора, необходимым условием эффективного обеззараживания является хорошее перемешивание воды и достаточное время контакта воды с хлором: летом не менее 30 минут, зимой не менее 1 часа.

- **Модификации хлорирования**: двойное хлорирование, хлорирование с аммонизацией, перехлорирование и др.
- Двойное хлорирование предусматривает подачу хлора на водопроводные станции дважды: первый раз перед отстойниками, а второй — как обычно, после фильтров. Это улучшает коагуляцию и обесцвечивание воды, подавляет рост микрофлоры в очистных сооружениях, увеличивает надежность обеззараживания.

- **Хлорирование с аммонизацией** предусматривает введение в обеззараживаемую воду раствора аммиака, а через 0,5-2 минуты — хлора. При этом в воде образуются хлорамины — монохлорамины (NH_2Cl) и дихлорамины (NHCl_2), которые также обладают бактерицидным действием. Этот метод применяется для обеззараживания воды, содержащей фенолы, с целью предупреждения образования хлорфенолов. Даже в ничтожных концентрациях хлорфенолы придают воде аптечный запах и привкус. Хлорамины же, обладая более слабым окислительным потенциалом, не образуют с фенолами хлорфенолов. Скорость обеззараживания воды хлораминами меньше, чем при использовании хлора, поэтому продолжительность дезинфекций воды должна быть не меньше 2 ч, а остаточный хлор равен 0,8-1,2 мг/л.

- **Перехлорирование** предусматривает добавление к воде заведомо больших доз хлора (10-20 мг/л и более). Это позволяет сократить время контакта воды с хлором до 15-20 мин и получить надежное обеззараживание от всех видов микроорганизмов. По завершении процесса обеззараживания в воде остается большой избыток хлора и возникает необходимость дехлорирования. С этой целью в воду добавляют гипосульфит натрия или фильтруют воду через слой активированного угля.
- Перехлорирование применяется преимущественно в экспедициях и военных условиях.

- В настоящее время метод **озонирования** воды является одним из самых перспективных. При разложении озона в воде в качестве промежуточных продуктов образуются короткоживущие свободные радикалы HO_2 и OH . Атомарный кислород и свободные радикалы, являясь сильными окислителями, обуславливают бактерицидные свойства озона.
- Наряду с бактерицидным действием озона в процессе обработки воды происходит обесцвечивание и устранение привкусов и запахов

- **Преимущества** озона перед хлором при обеззараживании воды состоит в том, что озон не образует в воде токсических соединений (хлорорганических соединений, диоксинов, хлорфенолов и др.), улучшает органолептические показатели воды и обеспечивает бактерицидный эффект при меньшем времени контакта (до 10 мин). Он более эффективен по отношению к патогенным простейшим.
- Широкое внедрение озонирования в практику обеззараживания воды сдерживается высокой энергоемкостью процесса получения озона несовершенством аппаратуры.

- **Олигодинамическое действие серебра** в течение длительного времени рассматривалось как средство для обеззараживания преимущественно индивидуальных запасов воды. Серебро обладает выраженным бактериостатическим действием. Даже при введении в воду незначительного количества ионов микроорганизмы прекращают размножение, хотя остаются живыми и даже способными вызвать заболевание. Концентрации серебра, способные вызвать гибель большинства микроорганизмов, при длительном употреблении воды токсичны для человека. Поэтому серебро в основном применяется для консервирования воды при длительном хранении ее в плавании, космонавтике и т.д.
- Для обеззараживания индивидуальных запасов воды применяются таблетированные формы, содержащие хлор.

- **К физическим методам** относятся кипячение, облучение ультрафиолетовыми лучами, воздействие ультразвуковыми волнами, токами высокой частоты, гамма-лучами и др.
- **Преимущество** физических методов обеззараживания перед химическими состоит в том, что они не изменяют химического состава воды, не ухудшают ее органолептических свойств. Но из-за их высокой стоимости и необходимости тщательной предварительной подготовки воды в водопроводных конструкциях применяется только ультрафиолетовое облучение, а при местном водоснабжении — кипячение.

- **Ультрафиолетовые** лучи обладают бактерицидным действием. Максимум бактерицидного действия приходится на лучи с длиной волны 260 нм. Динамика отмирания микрофлоры зависит от дозы и исходного содержания микроорганизмов. На эффективность обеззараживания оказывают влияние степень мутности, цветности воды и ее солевой состав.
- **Ультразвук** применяют для обеззараживания бытовых сточных вод, т.к. он эффективен в отношении всех видов микроорганизмов, в том числе и спор бацилл. Его эффективность не зависит от мутности и его применение не приводит к пенообразованию, которое часто имеет место при обеззараживании бытовых стоков.
- **Гамма-излучение** очень эффективный метод. Эффект мгновенный. Уничтожение всех видов микроорганизмов, однако в практике водопроводов пока не находит применения.
- **Кипячение** является простым и надежным методом.

- ***Зоны санитарной охраны (ЗСО) источников питьевого водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1110-02)***
- **Зоны санитарной охраны** источников питьевого водоснабжения - это территория, прилегающая к источнику водоснабжения и водозаборным сооружениям, и акватория, на которых устанавливаются специальные режимы хозяйственной и иной деятельности в целях охраны источника и водопроводных сооружений от загрязнения.
- Специальный режим хозяйственной деятельности в ЗСО поверхностных источников направлен на ограничение, а в ЗСО подземных - на исключение возможности загрязнения или снижения качества воды источника в месте водозабора

Зоны санитарной охраны организуются в составе трех поясов:

- Пояс строгого режима, включает территорию расположения водозабора, всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала. Его назначение – защита места забора и обработки воды от случайного или умышленного загрязнения и повреждения.
- Пояс ограничений от микробных загрязнений.
- Пояс ограничений от химического загрязнения.

Протяженность зон зависит от вида источника (поверхностный или подземный), характера загрязнения и времени выживаемости микробов.

- **Границы поясов ЗСО поверхностного источника**
- **Границы 1-го пояса**: вверх по течению не менее 200 м и вниз не менее 100 м от водозабора; по берегу – не менее 100 м от линии от летне-осенней границы воды. При ширине реки менее 100 м – вся акватория и полоса берега не уже 50 м по обе стороны реки.
- **Границы 2-го пояса**: вверх по течению реки с таким расчетом, чтобы время пробега воды до водозабора было не менее 5 суток в холодном и умеренном климате и не менее 3 суток в жарком (для рек средней и большой мощности $\approx 30-60$ км); ниже по течению – не менее 250 м от водозабора. Боковые границы не менее 500 м при равнинном рельефе, 750 м при пологом склоне и 1000 м при крутом. На непроточных водоёмах – от 3 до 5 км во все стороны от водозабора.
- **Границы 3-го пояса** вверх и вниз по течению совпадают с границами 2-го пояса. Боковые границы – по линии водоразделов на 3-5 км, включая притоки.

- **Границы ЗСО подземного источника**
- Водозабор должен располагаться вне территории промышленных и жилых объектов. Граница 1-го пояса – не менее 30 м от водозабора для защищенных (межпластовых) подземных вод и не менее 50 м – для недостаточно защищенных (грунтовых) вод.
- Границы 2-го и 3-го поясов совпадают. Зоны ограничения составляют для защищенных вод не менее 200 м от водозабора в холодном и умеренном климате и 100 м в жарком; для недостаточно защищенных вод – 400 м.

- **Почва** – это сложный комплекс минеральных (90 - 99%) и органических (1 - 10%) частиц..
- Роль почвы в распространении инфекций и глистных инвазий. Микрофлора почвы в основном из сапрофитов. Патогенные микробы поступают в почву в основном с фекалиями, сточными водами. Они погибают при высушивании, неблагоприятной температуре, бактерицидном действии солнца, отсутствии питания, антагонизме микроорганизмов, действии бактериофагов. Сапрофиты в основном на глубине -до 10 см, а на глубине 4-7 м почва почти стерильна.
- Загрязнение почвы: атмосферными выбросами, твёрдыми отходами, сточными водами, пестицидами

Длительность выживания микробов в почве.

Возбудители	Средний срок	Максимальный срок
Туберкулез	Более 13 недель	7 месяцев
Брюшной тиф, паратифы	2-3 недели	Более 12 мес
Дизентерия	2-5 недель	Около 9 месяцев
Холера	1-2 недели	До 4 месяцев
Полимиэлит		3-6 месяцев
Споры сибирской язвы		Десятки лет

- **Оценка санитарного состояния почвы**
- Санитарное состояние почв проводят по бактериологическим, химическим, паразитологическим и энтомологическим показателям.
- *Санитарно-бактериологические показатели:*
- 1) **Косвенные** (содержание санитарно-показательных организмов группы кишечной палочки БГКП (коли-индекс) и фекальных стрептококков (индекс энтерококков)) характеризуют фекальное загрязнение почвы, т.е. интенсивность биологической нагрузки на почву.
- 2) **Прямые** (содержание возбудителей кишечных инфекций, патогенных энтеробактерий, энтеровирусов (концентрация колифага в почве ≥ 10 БОЕ/ г свидетельствует об инфицировании почвы энтеровирусами) характеризуют эпидемическую опасность почвы.
- Эти показатели используются в первую очередь для проб почв, отобранных на объектах повышенного риска (детские сады, игровые площадки (обязательно в песочницах), парки, территории учреждений здравоохранения, зоны санитарной охраны и т.п.) и в СЗЗ.

Санитарно-химические показатели состояния почв: санитарное число, содержание аммиачного и нитратного азота. СЧ, характеризующее процесс гумификации и самоочищение почвы, рассчитывают по формуле

$$\text{СЧ}=\text{А}/\text{В}, \text{ где}$$

- "А" - количество почвенного белкового (гумусного) азота,

"В" - органического азота в мг/ 100 г сухой почвы.

Аммонийный, нитратный азот и хлориды, свидетельствующие об уровне загрязнения почвы органическим веществом, оценивают в динамике или сравнивая с незагрязненной почвой.

- **Эпидемическая опасность и степень загрязнения почвы возбудителями паразитарных болезней** зависит от вида возбудителей; их жизнеспособности и инвазионности. Экстенсивным показателем загрязнения является доля положительных проб (%) от общего числа исследованных; интенсивным - общее содержание возбудителей паразитарных болезней в 1 кг (или 100 г) почвы. Прямую угрозу здоровью населения представляют яйца аскарид, власоглавок, токсокар, анкилостомид, личинки стронгилоидов, онкосферы тениид, цисты лямблий, изоспор, балантидий, амёб, ооцисты криптоспоридий; опосредованную - яйца описторхисов и дифилоботриид

- **Санитарно-энтомологическое состояние почвы** определяется наличием преимагинальных (личинки и куколки) форм синантропных мух, что свидетельствует о неудовлетворительном санитарном состоянии почвы, плохой очистке территории, неправильном сборе и хранении бытовых отходов и их несвоевременном удалении

- **Самоочищение почвы**

- Органические вещества под действием микробов разлагаются и превращаются в воду, CO_2 , минеральные соли, гумус, а патогенные микроорганизмы отмирают. Гумус медленно разлагается, не выделяет зловонных газов, не привлекает мух, и не содержит микробов, кроме спорноносных. Процессы сорбции, окисления. Крупнозернистая почва (песчаная, супесчаная), хорошо аэрируется и самоочищается. Мелкозернистая -глинистая, торфяная -плохо пропускает воздух и воду, медленно самоочищается. Вспахивание почвы способствует самоочищению.

- **Гумусообразование и минерализация лежат в основе самоочищения почвы, реализуемого двумя механизмами – биологическим (за счет жизнедеятельности почвенных сапрофитов-гетеротрофов) и химическим (окислением кислородом воздуха). Условия максимального самоочищения почв: влажность почвы $\geq 25-30\%$, температура $25-37^{\circ}\text{C}$, воздухопроницаемость и достаточный уровень инсоляции.**

