

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации

(Сеченовский Университет)

Институт Общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана

Кафедра гигиены детей и подростков

Методические материалы по дисциплине:

Гигиена и основы формирования здоровья детей

основная профессиональная образовательная программа высшего образования -
программа специалитета

КОД Наименование ОП: 31.05.02 Педиатрия



Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
Первый Московский государственный медицинский университет
имени И. М. Сеченова

ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ
имени Ф. Ф. Эрисмана
Кафедра гигиены детей и подростков

ГИГИЕНА

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

УЧЕБНОЕ-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

под редакцией
члена-корреспондента РАН В. Р. Кучмы

Москва
2024

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЕ
«ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И. М. СЕЧЕНОВА» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГИГИЕНА

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

УЧЕБНОЕ-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

под редакцией
члена-корреспондента РАН В. Р. Кучмы

Москва
2024

УДК [613-053.2+613-053.6] (075.5) (проверить)

ББК 51.2я73-5

Г46

Рецензенты:

Милушкина О.Ю. – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой гигиены ФГАОУ ВО «Национальный медицинский исследовательский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России. **(подскажите, кого?)**

Шашина Е.А. -

Авторы:

Макарова А.Ю., Кучма В. Р., Ямщикова Н.Л., Лапонова Е.Д.

Г46 Гигиеническая оценка влияния параметров микроклимата помещений на организм человека: учебно-методическое пособие для студентов / под ред. члена-корр. РАН В.Р. Кучмы. – М.: ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 2024. – 28 с. – DOI: _____

ISBN _____

В учебном пособии изложена информация о значении параметров микроклимата. Представлены основные гигиенические требования к показателям микроклимата и методы оценки в помещениях: жилых, медицинских организаций.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 31.00.00 Клиническая медицина, специализации 31.05.02 Педиатрия.

Утверждено на заседании учебно-методической конференции кафедры гигиены детей и подростков Института общественного здоровья имени Ф.Ф. Эрисмана Сеченовского университета Минздрава России 15 декабря 2023 г. (протокол № 5).

УДК [613-053.2+613-053.6] (075.5)

ББК 51.2я73-5

© Коллектив авторов, 2024

© ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 2024

ISBN _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОКЛИМАТА | 6 |
| 2. АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПАРАМЕТРАМ МИКРОКЛИМАТА | 7 |
| 3. ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ | 12 |
| 4. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТА | 13 |
| Определение параметров микроклимата | 14 |
| 5. САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОКЛИМАТУ ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ, В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ | 16 |
| 6. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ | 26 |
| Тема и цель проведения практического занятия | 27 |
| Подготовка к практическому занятию | 27 |
| План проведения практического занятия | 28 |
| Приложение | 28 |

ВВЕДЕНИЕ

Микроклимат помещений является важнейшим физическим фактором, от которого во многом зависит состояние и работоспособность людей. В жилых помещениях часто возникают ситуации, связанные с воздействием неблагоприятных микроклиматических условий.

Необходимость гигиенической оценки микроклимата является базовой основой для прогнозирования функционального состояния и работоспособности людей. Влияние микроклимата на организм человека в медицинском учреждении сказывается на продуктивности работы персонала, а также комфортного пребывания пациентов.

В результате изучения темы студент должен знать о физиолого-гигиеническом значении микроклимата, основные пути теплоотдачи, их зависимость от параметров микроклимата, методы оценки микроклимата помещений, гигиенические требования к показателям микроклимата в помещениях различного назначения. Уметь давать гигиеническую оценку всех параметров микроклимата в соответствии с гигиеническими нормативами, давать рекомендации по оптимизации микроклиматических параметров.

1. ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОКЛИМАТА

Микроклимат представляет собой комплекс физических свойств воздуха, влияющих на теплообмен человека с окружающей средой, тепловое состояние в ограниченном пространстве и определяющих его самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

К **показателям**, характеризующим **микроклимат** или **физическое состояние воздушной среды**, относятся:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха;
- 4) интенсивность теплового излучения.

Микроклимат может быть оценен как оптимальный (комфортный); допустимый и дискомфортный.

Комфортными (оптимальными) условиями называют физическое состояние воздушной среды, которое обуславливает оптимальное тепловое и функциональное состояние человека, обеспечивает общее и локальное ощущение теплового комфорта (для производственных помещений – в течение

8-часовой рабочей смены) при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывает отклонений в состоянии здоровья, создает предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия устанавливаются по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

При превышении допустимых значений микроклиматических параметров человек испытывает дискомфорт, возникает перегрев или переохлаждение организма.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются **дискомфортными**.

Дискомфортный микроклимат может быть нагревающим и охлаждающим.

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата (температура воздуха, влажность, скорость его движения, относительная влажность, тепловое излучение), при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины ($> 0,87$ кДж/кг) и/или увеличении доли потерь тепла испарением пота (> 30 %) в общей структуре теплового баланса, появлении общих или локальных дискомфортных теплоощущений (слегка тепло, тепло, жарко).

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена организма, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме в результате снижения температуры глубоких и поверхностных слоев тканей организма.

Вредные микроклиматические условия – параметры микроклимата, которые при их сочетанном действии на человека в течение рабочей смены вызывают такие изменения теплового состояния организма, которые характеризуются выраженными общими и/или локальными дискомфортными теплоощущениями, значительным напряжением механизмов терморегуляции, снижением работоспособности.

Экстремальные (опасные) микроклиматические условия – те параметры микроклимата, которые при их сочетанном действии на человека даже в течение непродолжительного времени (менее одного часа) вызывают изменение теплового состояния, характеризующееся чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции, которое может привести к нарушению состояния здоровья и возникновению риска смерти.

Показатели теплового состояния человека, соответствующие пределу переносимости им внешней термической нагрузки, зависят от многих причин, и, в частности, от степени адаптации, скорости охлаждения или перегревания, тепловой устойчивости организма, возраста, пола и т.д.

2. АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПАРАМЕТРАМ МИКРОКЛИМАТА

Организм человека обладает физиологическими механизмами терморегуляции – физической и химической, которые позволяют ему приспосабливаться к различным температурным условиям и кратковременно переносить без ущерба для здоровья значительные колебания температуры. В соответствии с изменением внешних температур реализуется как механизм выработки тепла, так и механизм, регулирующий его потерю.

Химическая терморегуляция – выработка тепла организмом за счёт окислительных процессов. Теплопродукция организма в состоянии покоя составляет в стандартных условиях для человека (масса 70 кг, длина тела 170 см, поверхность тела 1,8 м²) до 293 кДж в час, при легкой физической работе – до 628, средней тяжести – до 1256, тяжелой – 1256–2093 и более. Метаболическое тепло должно непрерывно удаляться из организма.

Физическая терморегуляция обеспечивает увеличение или уменьшение теплоотдачи. При высокой внешней температуре кожные сосуды расширяются, увеличивается выделение воды потовыми железами, повышается температура кожи и в результате этого отдача тепла с поверхности тела возрастает; при низкой температуре кожные сосуды сужаются, кровь перемещается к внутренним органам, кожа охлаждается и поэтому разница между температурой кожи и воздуха становится меньше, отдача тепла уменьшается.

Чтобы поддерживать постоянную температуру тела, тепло, вырабатываемое организмом, должно быть равно теплу, потеряемому с поверхности тела.

Существует несколько способов отдачи тепла:

- 1) конвекция – нагревание прилегающего к поверхности тела слоя воздуха с последующим его смещением;
- 2) кондукция – теплопроводение за счёт разницы температуры поверхности тела и соприкасающихся с ним поверхностей;
- 3) излучение (радиация, теплоизлучение) тепла в сторону более холодных предметов и поверхностей;
- 4) испарение влаги путём потоотделения.

При комнатной температуре 18°C (в нормальных условиях) человек теряет около 85% тепла через кожу и 15% тепла на нагревание принимаемой пищи, питья, вдыхаемого воздуха и на испарение воды в легких.

Проведением теряется 30%, потери тепла в результате конвекции прямо пропорциональны разнице между температурой кожи и температурой воздуха.

Конвекцией теряется 15%. Температура воздуха и скорость воздуха являются двумя факторами, которые относятся к потере температуры в результате конвекции.

Излучением теряется 45–50% тепла, как результат разницы между температурой окружающей среды и температурой тела.

Испарением теряется 10%. Количество тепла, потерянного при испарении, зависит от скорости движения воздуха и относительной влажности.

Эти соотношения значительно меняются в зависимости от условий микроклимата.

Состояние микроклиматических факторов обуславливает особенности терморегуляции организма человека, которая в свою очередь определяет тепловой баланс. Он достигается соотношением процессов теплопродукции и теплоотдачи организма.

Теплопродукция происходит при окислении пищевых веществ, а также при сокращении скелетной мускулатуры (Q прод.). Кроме того, тело человека может получать конвекционное и радиационное тепло от окружающего воздуха и нагретых предметов, если их температура выше температуры кожи открытых частей тела (Q внеш.).

Основные механизмы отдачи тепла телом человека: кондукция в прилегающие к коже слои воздуха и менее теплые предметы (Q конд.) и последующая конвекция нагретого воздуха (Q конв.), излучение по

направлению к менее нагретым предметам ($Q_{\text{изл.}}$), испарение пота с кожи и влаги с поверхности дыхательных путей ($Q_{\text{исп.}}$), нагревание до 37°C вдыхаемого воздуха ($Q_{\text{нагр.}}$).

Нормальная жизнедеятельность организма и высокая работоспособность возможны лишь в том случае, если сохраняется температурное постоянство организма в границах $36,1\text{--}37,2^{\circ}\text{C}$, имеется тепловое равновесие его с окружающей средой, т.е. соответствие между процессами теплопродукции и теплоотдачи.

Чем суше воздух, тем больше водяных паров он может поглотить. Если влажность в воздухе высокая, происходит соответствующее снижение его охлаждающей способности.

Если температура воздуха составляет $24\text{--}37^{\circ}\text{C}$, потери тепла излучением и конвекцией снижаются, а потери тепла за счет испарения увеличиваются.

Высокая температура с высокой относительной влажностью уменьшают испарение через кожу и вызывают перегрев тела.

Низкая температура с высокой относительной влажностью способствуют охлаждению тела. Подвижность воздуха увеличивает потери тепла при испарении и конвекции.

Потеря тепла излучением зависит от разницы между температурой кожи тела человека и радиационной температурой. Радиационный баланс положительный, когда человек получает от находящихся на расстоянии от него стен или других предметов больше теплового излучения, чем отдаст им. Подобная ситуация бывает нередко **в горячих цехах и способствует перегреву**. Температура, влажность и скорость движения воздуха на потерю тепла излучением не влияют.

Потеря тепла проведением осуществляется путем соприкосновения тела человека с окружающим воздухом – конвекция или с предметами (пол, стена) – кондукция.

Основное количество тепла теряется **конвекцией**. Потеря тепла конвекцией прямо пропорциональна разности между температурой кожи и температурой воздуха – чем больше разность, тем больше теплоотдача. Если же температура воздуха возрастает, то потеря тепла конвекцией падает, а при температуре $35\text{--}36^{\circ}\text{C}$ прекращается. Потеря тепла конвекцией возрастает и с увеличением скорости движения воздуха, но воздух, имеющий большую скорость движения, не успевает нагреваться у тела и поэтому незначительно

усиливает отдачу тепла. В то же время, воздействуя на барорецепторы, он оказывает раздражающее действие. Поэтому в горячих цехах, где искусственно создаваемое обдувание используют с целью увеличения теплоотдачи, скорости движения воздуха, превышающие 2–3 м/с, не применяют.

Потеря тепла испарением зависит от количества влаги (пота), испаряющейся с поверхности тела. При испарении 1 г влаги организм теряет 2,43 кДж тепла (скрытая теплота испарения). При комнатной температуре с поверхности кожи человека испаряется около 0,5 л влаги в сутки, с которыми отдается около 1200 кДж. С повышением температуры воздуха и стен потеря тепла излучением и конвекцией понижается, человек потеет и резко увеличивается теплотеря испарением. Если температура внешней среды выше температуры тела, то единственно возможной является потеря тепла за счет испарения. В особо трудных условиях (при тяжелой работе и высокой температуре внешней среды) количество выделяемого пота достигает 5–10 л в день (горячие цехи). Этот вид теплоотдачи очень эффективный, но только в том случае, если имеются условия для испарения пота. При профузном потении, когда пот стекает по телу, не успевая испаряться, охлаждающий эффект невелик.

Возможность потери тепла испарением усиливается при уменьшении влажности и увеличении скорости движения воздуха. Температура воздуха и радиационная температура на потерю тепла испарением не влияют.

Движение воздуха усиливает потерю тепла конвекцией и испарением и, следовательно, при высокой температуре внешней среды является благоприятным фактором. В условиях жаркого микроклимата нагнетание воздуха, обдувание вентилятором и т.п. улучшают самочувствие, а сниженная скорость движения воздуха, ухудшая теплоотдачу, способствует перегреву. При низкой температуре движение воздуха, увеличивающее теплоотдачу конвекцией, следует рассматривать как неблагоприятный фактор. Оно усиливает опасность отморожения и простудных заболеваний. Даже при высокой температуре внешней среды, если одежда у человека влажная или кожа его покрыта потом, сильное движение воздуха (сквозняк), резко увеличивая потерю тепла испарением, может привести к простудному заболеванию.

Большая влажность воздуха (свыше 70%) неблагоприятно влияет на теплообмен как при высокой, так и при низкой температурах. Если

температура воздуха более 30°C, то большая влажность, затрудняя испарение пота, ведет к перегреванию. При низкой температуре высокая влажность воздуха способствует более сильному охлаждению. Это объясняется тем, что в условиях влажного воздуха усиливается потеря тепла конвекцией. **Очень сухой воздух** действует также неблагоприятно. Поэтому оптимальная влажность воздуха находится в пределах 30–60%.

Нормальная жизнедеятельность и высокая работоспособность человека сохраняются в том случае, если имеется баланс (тепловое равновесие) между продукцией тепла и его отдачей в окружающую среду.

Теплообмен зависит от условий *микrokлимата*. В наибольшей степени микроклиматические условия оказывают влияние на физическую терморегуляцию организма, снижая или увеличивая терморегуляцию с поверхности тела, а опосредованно – на химическую терморегуляцию, снижая или увеличивая интенсивность обменных процессов в организме (выработку тепла).

Неблагоприятное влияние микроклимата обусловлено **комплексным воздействием физических факторов воздушной среды**: повышением или понижением температуры, влажности или скорости движения воздуха. При повышенной температуре воздуха высокая влажность препятствует испарению пота и влаги и увеличивает опасность перегревания организма. Высокая влажность при низкой температуре увеличивает опасность переохлаждения, поскольку влажный воздух, заполняющий поры одежды, в отличие от сухого - хороший проводник тепла. Высокая скорость движения воздуха увеличивает теплоотдачу через конвекцию и испарение и способствует более быстрому охлаждению организма, если его температура ниже температуры кожи, и, наоборот, увеличивает тепловую нагрузку на организм при температуре, превышающей температуру кожи.

Для педиатра сведения о микроклимате помещений необходимы для оценки условий проживания, обучения, воспитания и лечения детского населения, поскольку микроклимат оказывает влияние на терморегуляцию организма, и в итоге оказывает воздействие на функциональное состояние ребенка и его состояние здоровья.

3. ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ

К **тепловым поражениям**, согласно Международной классификации болезней (МКБ-11), травм и причин смерти, относятся следующие заболевания: тепловой и солнечный удар, тепловой обморок, тепловые судороги, тепловое истощение вследствие обезвоживания, тепловое истощение вследствие уменьшения содержания солей в организме, тепловое истощение неуточненное, тепловое утомление преходящее, тепловой отек, другие проявления теплового воздействия неуточненные. Различают острые и хронические формы нарушения терморегуляции.

Тепловой удар возникает вследствие острой недостаточности терморегуляции организма. При этой форме теплового поражения наблюдается высокий уровень летальных исходов. Чаще всего тепловой удар возникает у молодых здоровых людей при напряженной мышечной работе в условиях жары. В механизме развития теплового удара ведущее место занимает декомпенсация терморегуляции под воздействием экзогенного и эндогенного тепла, которое своевременно не отдается организмом в окружающую среду вследствие недостаточности потоотделения. Избыточное накопление тепла приводит к быстрому и значительному повышению температуры органов и тканей, а это, в свою очередь, – к изменениям в центральной нервной системе (ЦНС), сдвигам в электролитном обмене. Большую роль в патогенезе теплового удара при физической работе на жаре играет гипокалиемия, обусловленная выходом калия из мышц в плазму крови и чрезмерной потерей его с потом. Тепловой удар сопровождается потерей сознания, повышением температуры тела до 40–41°C, слабым, учащенным пульсом. Признаком тяжелого поражения при тепловом ударе является полное прекращение потоотделения.

Солнечный удар – перегревание в результате длительного пребывания на Солнце и прямого воздействия солнечных лучей на голову. Клинические проявления и патогенез солнечного удара аналогичны таковым при тепловом ударе, при котором ведущим фактором, вызывающим накопление тепла в организм выше физиологического предела, является инфракрасное излучение Солнца, и в меньшей мере – конвекционное тепло окружающего воздуха. Из предрасполагающих к тепловому удару факторов следует отметить острые и хронические заболевания, в частности связанные с недостаточностью

потоотделения, поражением кожных покровов, употреблением алкоголя, бессонницей, дегидратацией.

Тепловые судороги (судорожная болезнь). Эта форма теплового поражения чаще всего наблюдается при тяжелой мышечной работе, усиленном потоотделении, сопровождающемся обильным питьем неподсоленной воды. Это поражение представляет собой внеклеточную дегидратацию с внутриклеточной гипергидратацией (водная интоксикация). Тепловые судороги в жарком климате вызываются быстрым сдвигом кислотно-щелочного состояния в сторону алкалоза, приводящего к мышечным спазмам. Возникают различные судороги, особенно икроножных мышц, увеличивается вязкость крови.

Преходящее тепловое утомление, или астеническая реакция. Если тепловое истощение в основном связано с нарушением терморегуляции, водно-солевого обмена и функции сердечно-сосудистой системы (ССС), то в основе этой формы теплового поражения лежит нервно-психическое истощение. У людей, несколько месяцев живущих в помещениях с неблагоприятным микроклиматом, астеническая реакция на жару проявляется медлительностью в работе, раздражительностью при общении, быстрой утомляемостью, снижением внимания и памяти. Тепловое утомление является одним из наиболее распространенных тепловых заболеваний.

Тепловой отек связан с умеренно выраженным, но длительным нарушением водно-солевого обмена в организме. Нагревающий микроклимат приводит к повышенному выделению солей из организма, дегидратации организма, а нарушение солевого баланса организма также ведет к снижению иммунитета, значительной потере внимания, а, следовательно, к значительному повышению вероятности несчастного случая на производстве.

Хронические формы нарушения терморегуляции приводят к изменениям в состоянии нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем человека, формируя производственно-обусловленные (профессиональные) заболевания.

4. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТА

Гигиеническая оценка микроклимата помещений основывается на сопоставлении результатов измерения микроклиматических параметров с их гигиеническими нормативами, а также на субъективных и объективных показателях терморегуляции присутствующих в помещении людей.

При гигиенической оценке влияния физических факторов воздушной среды на организм человека необходимо учитывать весь их комплекс.

Для создания комфортного самочувствия людей санитарным законодательством установлены следующие параметры этих факторов в помещениях (микроклимат):

- температура воздуха 18–20°C;
- относительная влажность 30–60% (в общеобразовательных и детских дошкольных организациях 40–60%);
- скорость движения воздуха 0,1–0,3 м/с (в детских дошкольных организациях – не более 0,1 м/с).

Нормируемые показатели микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые (п.4.3 «ГОСТ 30494–2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»).

Закреплённый нормативами (V Физические факторы (за исключением ионизированного излучения) СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания») диапазон допустимых величин значительно шире, чем диапазон величин оптимальных. Оптимальные величины являются самыми комфортными для человеческого организма.

Определение параметров микроклимата

В детских и подростковых организациях, а также в производственных помещениях проводятся инструментальные замеры параметров микроклимата: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха определяются *с помощью специальных приборов* (рис. 1).

По данным санитарно-эпидемиологической службы отклонения микроклимата происходят за счет низких температурных параметров, возникающих при неэффективной работе систем отопления, а также за счёт нарушения режимов проветривания.

Гигиенические нормативы микроклимата установлены для зоны обитания жилых и общественных зданий.

Зоной обитания является пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: по высоте 0,1 и 2,0 м над уровнем пола – для людей, стоящих или двигающихся, на высоте 1,5 м над уровнем

пола – для сидящих людей, и на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов.



Рис.1. Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп»

Температуру на рабочем месте измеряют на трёх высотах: 0,1; 0,6 и 1,7 м, если человек работает преимущественно сидя.

Для определения средней температуры воздуха в помещении делают 3 замера по горизонтали на высоте 1,5 м от пола (в середине комнаты, в 10 см от наружно стены и у внутренней стены) и вычисляют среднее значение. По этим же данным судят о равномерности температуры в горизонтальной плоскости. Для определения перепадов температуры по вертикали измерение делают у пола на высоте 10 см и на высоте 1,5 м.

Для характеристики влажности воздуха используют следующие её величины:

абсолютная влажность – количество водяных паров в граммах, содержащееся в данное время в 1 м³ воздуха;

максимальная влажность – упругость водяных паров при полном насыщении воздуха влагой при данной температуре в мм рт.ст., или количество водяных паров в граммах, которое содержится в 1 м³ воздуха в момент насыщения при той же температуре;

относительная влажность – отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах;

дефицит насыщения (физический дефицит) – разность между максимальной и абсолютной влажностью;

точка росы – температура, при которой воздух максимально насыщен водяными парами, когда величина абсолютной влажности равна максимальной.

Для определения влажности воздуха помещений также используют электронные **термогигрометры**, а также **психрометры**, **гигрометры**, **гигрограф**.

Измерение сравнительно больших скоростей движения воздуха производится **анемометрами** различных конструкций.



Рис. 2. Анемометры (слева - чашечный, в центре – крыльчатый, справа – метеостанция с чашечным анемометром)

Выбор типа анемометра определяется величиной измеряемой скорости движения воздуха. Чашечный анемометр МС-13 измеряет скорости 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 (рис. 2).

5. САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОКЛИМАТУ ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ, В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Гигиенические параметры микроклимата в помещениях нормируются для теплого и холодного периода года. Оптимальной температурой для холодного

климатического района считается 21–22°C, умеренной - 18-20°C, теплой - 18-19°C, жаркой - 17-18°C.

Допустимые величины параметров микроклимата в организациях воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи представлены в таблице 1¹.

Таблица 1. (5.34¹)

Допустимые величины параметров микроклимата
в организациях воспитания и обучения,
отдыха и оздоровления детей и молодежи

| Наименование помещения | Допустимая (температура воздуха (°C) | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с (не более) |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Организации для детей до 7 лет | | | |
| Групповая (игровая), игровая комната (помещения), помещения для занятий для детей до 3-х лет | 22 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Групповая (игровая), игровая комната (помещения), помещения для занятий для детей от 3-х до 7-ми лет | 21 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Спальные | 19 - 21 | 40 - 60 | 0,1 |
| Туалетные для детей до 3-х лет | 22 - 24 | - | 0,1 |
| Туалетные для детей от 3-х до 7-ми лет | 19 - 21 | - | 0,1 |
| Физкультурный зал | 19 - 21 | 40 - 60 | 0,1 |
| Музыкальный зал | 19 - 21 | 40 - 60 | 0,1 |
| Душевая (ванная комната) | 24 - 26 | - | 0,1 |
| Раздевальная в групповой ячейке | 21 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Кабинет для индивидуальных занятий с детьми (логопед, психолог) и (или) кабинет для коррекционно-развивающих занятий с детьми. | 21 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |

¹ п. 98 V Физические факторы (за исключением ионизированного излучения) СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

| | | | |
|--|---------|---------|------|
| Прогулочные веранды (не менее) | 12 | - | - |
| Отапливаемые переходы (не менее) | 15 | - | 0,1 |
| Дошкольные группы, размещенные в жилых помещениях жилищного фонда | 21 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Организации для детей старше 7 лет и молодежи | | | |
| Жилые комнаты | 20 - 24 | 40 - 60 | 0,15 |
| Спальные помещения | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,15 |
| Помещения для отдыха и игр | 20 - 24 | 40 - 60 | 0,15 |
| Учебные помещения, кабинеты, аудитории | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Помещения, оборудованные индивидуальными рабочими местами с персональным компьютером | 18 - 24 | 55 - 62 | 0,1 |
| Мастерские, кабинеты кулинарии и домоводства в общеобразовательных организациях, ПОО, организациях дополнительного образования | 18 - 20 | 40 - 60 | 0,1 |
| Помещение для самоподготовки | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Рекреации | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,15 |
| Актный (концертный) зал | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Столовая | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Спортивный зал | 18 - 20 | 40 - 60 | 0,1 |
| Зал для занятий лечебной физической культурой | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Душевая (ванная комната) | 24 - 26 | - | 0,1 |
| Туалетная | 18 - 26 | - | 0,1 |
| Комната гигиены девочек | 18 - 26 | - | 0,1 |
| Помещение для стирки и сушки вещей, глажения и чистки одежды | 18 - 26 | - | 0,1 |
| Кабинет для индивидуальных занятий с детьми | 18 - 24 | 40 - 60 | 0,1 |
| Гардероб, вестибюль | 18 - 24 | - | 0,1 |

При оценке допустимой температуры воздуха учитывают следующее:
диапазоны допустимых значений температуры помещений приведены для холодного периода года;

в теплый период года для всех помещений верхняя граница допустимой температуры воздуха может достигать не более 28°C, нижняя граница идентична холодному периоду года;

при отсутствии детей в помещениях должна поддерживаться температура не ниже 15°C.

Микроклимат помещений оценивается по температурному режиму, т.е. перепадам температуры воздуха по горизонтали и вертикали в различных местах помещения. Для обеспечения теплового комфорта температура воздуха в помещениях должна быть относительно равномерной. Изменение температуры по горизонтали от наружной стены к внутренней не должно превышать 2 °С, а по вертикали - 2,5 °С на каждый метр высоты. Колебание температуры в помещении в течение суток не должно превышать 3 °С.

Микроклимат помещений жилых и общественных зданий нормируется для холодного периода года, характеризуемого среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже, а также для теплого периода года, характеризуемого среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10°C (таблица 2²).

Таблица 2 (5.95)

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в помещениях жилых зданий

| Наименование помещений | Температура воздуха, °С | | Относительная влажность, % | | Скорость движения воздуха, м/с | |
|--|-------------------------|-----------|----------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| | Оптим. | Допустим. | Оптим. | Допустим. | Оптим. | Допустим. |
| холодный период года | | | | | | |
| Жилая комната | 20 - 22 | 18 - 24 | 45 - 30 | 60 | 0,15 | 0,2 |
| Жилая комната в стационарных организациях социального обслуживания | 20-22 | 20-24 | 45 - 30 | 60-30 | 0,15 | 0,2 |
| То же, в районах наиболее холодной пятидневки (минус 31°C и ниже) | 21 - 23 | 20 - 24 | 45 - 30 | 60 | 0,15 | 0,2 |

² Раздел V СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

| | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|-------|------|-----|
| Кухня | 19 - 21 | 18 - 26 | Н/Н* | Н/Н | 0,15 | 0,2 |
| Туалет | 19 - 21 | 18 - 26 | Н/Н | Н/Н | 0,15 | 0,2 |
| Ванная, совмещенный санузел | 24 - 26 | 18 - 26 | Н/Н | Н/Н | 0,15 | 0,2 |
| Помещения для отдыха и учебных занятий | 20-22 | 18-24 | 45 - 30 | 60-30 | 0,15 | 0,2 |
| Межквартирный коридор | 18 - 20 | 16 - 22 | 45 - 30 | 60 | 0,15 | 0,2 |
| Вестибюль, лестничная клетка | 16 - 18 | 14 - 20 | Н/Н | Н/Н | 0,2 | 0,3 |
| Кладовые | 16 - 18 | 12 - 22 | Н/Н | Н/Н | Н/Н | Н/Н |
| тёплый период года | | | | | | |
| Жилая комната | 22 - 25 | 20 - 28 | 60 - 30 | 65 | 0,2 | 0,3 |

* не нормируется

Гигиенические нормативы распространяются на помещения жилых и общественных зданий, которые *не содержат рабочих мест*.

Оптимальные и допустимые перепады параметров микроклимата в различных точках обслуживаемой зоны (зоны обитания) в помещениях жилых и общественных зданий представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оптимальные и допустимые перепады/изменения параметров микроклимата в различных точках обслуживаемой зоны (зоны обитания)

| Перепады/изменения параметров микроклимата | Для оптимальных показателей, не более | Для допустимых показателей, не более |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Температуры воздуха, °С | 2 | 3 |
| Результирующей температуры помещения по высоте обслуживаемой зоны (зоны обитания), °С | 2 | |
| Скорость движения воздуха, м/с | 0,07 | 0,1 |
| Относительная влажность воздуха, % | 7 | 15 |

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года (таблица 4³)

³ Раздел V СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°С и выходить за пределы величин, указанных в таблице 4 для отдельных категорий работ.

Таблица 4 (5.29)

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | Ia (до 139) | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0,1 |
| | Iб (140-174) | 21-23 | 20-24 | 60-40 | 0,1 |
| | IIa (175-232) | 19-21 | 18-22 | 60-40 | 0,2 |
| | IIб (233-290) | 17-19 | 16-20 | 60-40 | 0,2 |
| | III (более 290) | 16-18 | 15-19 | 60-40 | 0,3 |
| Тёплый | Ia (до 139) | 23-25 | 22-26 | 60-40 | 0,1 |
| | Iб (140-174) | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0,1 |
| | IIa (175-232) | 20-22 | 19-23 | 60-40 | 0,2 |
| | IIб (233-290) | 19-21 | 18-22 | 60-40 | 0,2 |
| | III (более 290) | 18-20 | 17-21 | 60-40 | 0,3 |

Температурный режим на рабочем месте в теплый и холодный период должен соответствовать оптимальным величинам. В помещениях, где находятся работающие с сидячим характером работы, должно быть не холоднее 20 и не жарче 25 градусов, а там, где работники активно двигаются и переносят тяжести, — от 13 до 21 градуса.

В летний период температура на рабочем месте должна полностью соответствовать оптимальным показателям. Если у персонала сидячая работа, физическое напряжение незначительное, оптимальная температура в кабинете

на рабочем месте в жаркое время года — 23–25 градусов Цельсия. Максимальная — 28 градусов

Проведение работ, связанных с ходьбой, незначительным физическим напряжением осуществляется, когда температура в помещении не ниже 20 и не выше 28 градусов Цельсия. Если сотрудники постоянно перемещаются, переносят мелкие предметы весом до одного килограмма, в помещении температурные нормы на рабочем месте не ниже 18 и не выше 27 градусов. При необходимости прилагать большие физические усилия, перемещать тяжести свыше 10 кг, максимальная температура на рабочем месте на производстве 26 градусов, минимальная — 15 градусов.

Допустимая температура на рабочем месте *в холодное время года* для работающих, выполняющих работу сидя, когда уровень физических нагрузок незначительный, составляет 22-24 градуса. Максимальная температура в помещении не должна превышать 26 градусов, минимальная устанавливается на отметке 19 градусов. Для тех работников, которые вынуждены выполнять тяжелый физический труд, постоянно перемещаться в течение трудового времени, переносить тяжести свыше 10 кг, температура на рабочем месте должна быть минимально 13 градусов, максимально 22 градуса.

Параметры оптимальной температуры обеспечиваются работой отопительных и вентиляционных систем.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины (таблица 5⁴).

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах: перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3°C; перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать: при категориях работ Ia и Ib – 4°C; IIa и IIб – 5°C; III – 6°C.

⁴ Раздел V СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Таблица 5 (5.29–31)

**Допустимые величины показателей микроклимата на
рабочих местах производственных помещений**

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С диапазон | | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с диапазон температур воздуха | |
|-------------|--|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--|-------------------------------|
| | | ниже оптим. величин | выше оптим. величин | | ниже оптим. величин, не более | выше оптим. величин, не более |
| Холодный | Ia (до 139) | 20,0-21,9 | 24,1-25,0 | 15-75 | 0,1 | 0,1 |
| | Iб (140-174) | 19,0-20,9 | 23,1-24,0 | 15-75 | 0,1 | 0,2 |
| | IIa (175-232) | 17,0-18,9 | 21,1-23,0- | 15-75 | 0,1 | 0,3 |
| | IIб (233-290) | 15,0-16,9 | 19,1-22,0 | 15-75 | 0,2 | 0,4 |
| | III (более 290) | 13,0-15,9 | 18,1-21,0 | 15-75 | 0,2 | 0,4 |
| Тёплый | Ia (до 139) | 21,0-22,9 | 25,1-28,0 | 15-75 | 0,1 | 0,2 |
| | Iб (140-174) | 20,0-21,9 | 21,4-28,0 | 15-75 | 0,1 | 0,3 |
| | IIa (175-232) | 18,0-19,9 | 22,1-27,0 | 15-75 | 0,1 | 0,4 |
| | IIб (233-290) | 16,0-18,9 | 21,1-27,0 | 15-75 | 0,2 | 0,5 |
| | III (более 290) | 15,0-17,9 | 20,1-26,0 | 15-75 | 0,2 | 0,5 |

При температуре воздуха на рабочих местах 25°C и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы: 70% – при температуре воздуха 25°C; 65% - при температуре воздуха 26°C; 60% – при температуре воздуха 27°C; 55% – при температуре воздуха 28°C.

При температуре воздуха 26–28°С скорость движения воздуха, указанная в таблице 5 для теплого периода года, должна соответствовать диапазону: 0,1–0,2 м/с - при категории работ Ia; 0,1–0,3 м/с – Ib; 0,2–0,4 м/с - IIa; 0,2–0,5 м/с – при работ IIб и III.

Чтобы допустимая температура в помещении на рабочем месте соответствовала установленным показателям, применяются системы кондиционирования, помещения оснащаются автоматами с питьевой водой.

Допустимые величины параметров микроклимата в медицинских организациях при относительной влажности - 30–60% и скорости движения воздуха - не более 0,1–0,2 м/с. представлены в таблице 6⁵. И зависят от класса чистоты помещений⁶.

Таблица 6 (4.5.7²).

**Допустимая и расчетная температура воздуха
в основных помещениях организаций,
осуществляющих медицинскую деятельность**

| Наименование помещений | Класс чистоты помещений | Допустимая температура воздуха/расчетная |
|--|-------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Послеоперационные палаты, реанимационные залы (палаты), в том числе для ожоговых больных, палаты интенсивной терапии, родовые, манипуляционные-туалетные для новорожденных | А | 21-24/21 |
| Послеродовые палаты, палаты для ожоговых больных, палаты для лечения пациентов в асептических условиях, в том числе для иммунокомпрометированных | Б | 21-23/22 |
| Послеродовые палаты с совместным пребыванием ребенка, палаты для недоношенных, грудных, травмированных, новорожденных (второй этап выхаживания) | Б | 23-27/24 |

⁵ СП 2.1.3678–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг».

⁶ в помещениях класса А осуществляются манипуляции, исключаяющие присутствие болезнетворных микробов. В воздушной среде не должно содержаться частиц золотистого стафилококка, а концентрация микроорганизмов в 1 м3 воздуха составляет от 200 до 500(КОЕ/м3) к классу чистоты Б относят помещения с особым режимом работы. Здесь также недопустимо наличие золотистого стафилококка, допустимое количество жизнеспособных микроорганизмов в 1 м3 воздуха – от 500 до 750(КОЕ/м3) в воздушной среде помещений класса В и Г концентрация микроорганизмов не регулируется.

| | | |
|--|---|------------|
| Шлюзы в боксах и полубоксах инфекционных отделений | В | 22-24/22 |
| ЦСО: | | |
| Боксы палатных отделений, боксированные палаты | В | 20-26/20 |
| Палатные секции инфекционного отделения, в том числе туберкулезные | В | 20-26/20 |
| Палаты для взрослых больных, помещения для матерей детских отделений | В | 20-26/20 |
| Шлюзы перед палатами для новорожденных | В | 22-24/22 |
| Помещения дневного пребывания пациентов | В | 20-27/20 |
| Залы лечебной физкультуры | В | 18-28/18 |
| Комнаты отдыха пациентов после процедур | Г | не ниже 20 |
| Раздевальные рентгенодиагностических флюорографических кабинетов | Г | 20-26/20 |
| Ванные залы (кроме радоновых), лечебные плавательные бассейны. Помещения (комнаты) для санитарной обработки больных, душевые | Г | 25-29/25 |
| Раздевальные в отделениях водо- и грязелечения | Г | 23-29/23 |
| Помещения радоновых ванн, залы и кабинеты грязелечения для полосных процедур, душевые залы | Г | 25-29/25 |
| Регистратуры, справочные вестибюли, гардеробные, помещения для приема передач больным, помещения выписки, ожидальные, буфетные, столовые для больных, молочная комната | Г | не ниже 18 |
| Санузлы | Г | 20-27/20 |
| Клизменная | Г | 20-27/20 |

Скорость движения воздуха в палатах и лечебно-диагностических кабинетах принимается от 0,1 до 0,2 м/сек. В помещениях классов чистоты А и Б относительная влажность не должна превышать 60%.

Во все помещения системой вентиляции воздух подается в верхнюю зону. Удаление воздуха должно организовываться из верхней зоны, кроме операционных, наркозных, реанимационных, родовых и рентгенопроцедурных, в которых воздух удаляется из двух зон: 40% - из верхней зоны и 60% - из нижней зоны в 60 см от пола.

Приточно-вытяжная система вентиляции помещений класса чистоты А должна работать в непрерывном режиме. В нерабочее время воздухообмен может быть уменьшен на 50%. Перевод в рабочий режим осуществляется не менее чем за 1 час до начала работы.

Вне зависимости от наличия систем принудительной вентиляции во всех лечебно-диагностических помещениях, за исключением помещений класса чистоты А, должно быть предусмотрено естественное проветривание через форточки, фрамуги или отверстия в оконных створках.

В зданиях, помещениях медицинской организации общей площадью не более 500 м² в помещениях классов чистоты Б и В (кроме рентгенокабинетов, кабинетов компьютерной и магнитно-резонансной томографии) при отсутствии систем приточно-вытяжной вентиляции проветривание осуществляется естественным способом.

Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в производственных помещениях допускается устройство кондиционирования воздуха, в том числе с применением сплитсистем, предназначенных для использования в лечебно-профилактических учреждениях (рисунок 3). Замена фильтров тонкой очистки должна проводиться не менее 1 раза в 3 месяца, если иное не предусмотрено производителем.



Рис. 3. Современная сплит-система

6. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Работа в неблагоприятных условиях (слишком высокая или низкая температура, сухой или чрезмерно влажный воздух, сквозняки и т.д.) приводит к физическим и нервным перегрузкам, хронической усталости и снижению иммунитета, тем самым повышая риск развития заболеваний, в том числе — профессиональных, и требуют проведения профилактических мероприятий.

Предупреждению неблагоприятного влияния на организм человека микроклимата способствуют четыре группы мероприятий.

Первая группа – это научное обоснование *гигиенических нормативов* микроклимата для помещений различного назначения.

Вторая группа – воздействие на окружающую среду с тем, чтобы довести микроклимат до оптимальных гигиенических требований или, в крайнем случае, до показателей, не оказывающих неблагоприятного влияния на здоровье и работоспособность.

Это обеспечивается отоплением, вентиляцией, кондиционированием воздуха, солнцезащитными мерами (козырьки, шторы и др.), устранением причин перегрева на производстве (изменение технологии, изоляция источников тепла и т.п.), нормализацией условий на рабочем месте (воздушный душ, экран и др.).

Третья группа – это меры, направленные на защиту человека: подбор одежды, закаливание, рациональный режим труда и отдыха, рациональное питание и питьевой режим (специальные напитки, подсоленная газированная вода и др.).

Четвертая группа – медико-профилактические мероприятия: медицинский отбор при приеме на работу, периодические медицинские осмотры с целью выявления лиц с нарушениями здоровья, вызванными дискомфортным микроклиматом, санитарно-просветительная работа по профилактике перегревов или переохлаждений и др.

Тема практического занятия:

Гигиеническая оценка влияния микроклимата помещений на организм человека.

Цель практического занятия:

Освоение компетенций врача по специальности 31.05.02 Педиатрия⁷ – «способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности» (УК⁸-8); «способен проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения» (ОПК⁹-2);

освоение действий по оценке влияния микроклимата помещений различного назначения на организм человека и соблюдения гигиенических требований к микроклимату жилых, общественных, производственных и учебных зданий.

Подготовка к практическому занятию:

- 1. Освоить ГЛАВУ 1.2-1.3 учебника «Гигиена: в 2 т. : учеб. для студ. Медицинских вузов/ под ред. Ю. П. Пивоварова. – М.: Издательский центр «Академия», 2013».*
- 2. Пройти тестовый контроль готовности к практическому занятию.*

⁷ Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 12 августа 2020 г. N 965 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 31.05.02 Педиатрия».

⁸ Универсальные компетенции (УК).

⁹ Общепрофессиональные компетенции (ОПК).

План проведения практического занятия:

1. Вводная часть.
2. Ознакомление с методами исследований параметров микроклимата помещений, значением изменений этих параметров на организм человека, приборами и оборудованием для оценки микроклимата / оформление рабочей тетради.
3. Гигиеническая оценка микроклимата жилых, общественных, производственных и учебных зданий (решение ситуационных задач)
4. Взаимодействие в паре преподаватель – студент (обсуждение результатов практической работы студентов / рабочей тетради и решений ситуационных задач).
5. Тестовый контроль результатов практического занятия.
6. Итоговый (балльно-рейтинговый) контроль достижения студентами целей и результатов практического занятия.

Нормативно-методические документы, необходимые для выполнения практического занятия

1. Санитарные правила и нормы. СП 2.1.3678–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг»¹⁰.
2. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»¹¹.

Приложение

Типовые ситуационные задачи с эталонами правильных решений
Рабочая тетрадь студента

¹⁰ https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/SP2.1.3678-20_uslugi.pdf

¹¹ https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20obitaniya_compressed.pdf

ТИПОВЫЕ СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ С ЭТАЛОНАМИ ПРАВИЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Ситуационная задача 1 (микроклимат – спальни школы-интерната).

В специальной общеобразовательной школе-интернате для детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата обследованы места для сна. Спальные помещения 5-местные площадью из расчета 4,3 м² на одного ребенка, отдельные для мальчиков и девочек. На момент осмотра в переходный период года температура воздуха в спальном помещении составила +16 °С, относительная влажность 59 %, скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Задание.

- 1) Назовите приборы, которые можно использовать для измерения микроклимата.*
- 2) Оцените параметры микроклимата.*
- 3) Проанализировать ситуацию с точки зрения возможного возникновения причинно-следственных связей между обнаруженными нарушениями санитарно-эпидемиологических требований и функциональными отклонениями или заболеваниями*
- 4) Какими способами можно регулировать микроклиматические условия в помещениях?*

Эталон ответа:

- 1) Для измерения температуры воздуха могут использоваться термометры. Температуру и влажность – аспирационный психрометр. Скорость движения воздуха – анемометрами. А также многофункциональные портативные приборы – термогигрометры, термоанемометры*
- 2) Параметры микроклимата в спальнях помещений отклонение параметров температуры ниже нормативных и скорости движения воздуха – выше установленных СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».*
- 3) Системы организма, испытывающие нагрузку – терморегуляции, система кровообращения, костно-мышечная система. При высокой скорости движения воздуха увеличивается отдача тепла способом проведения (конвекция) и усиливается испарение с поверхности тела, т.е., как правило, при увеличении скорости движения воздуха теплоотдача увеличивается. Возможны ознобления.*
- 4) Микроклиматические условия в помещении можно регулировать изменением интенсивности работы отопительных приборов и изменением вентиляции помещения.*

Ситуационная задача 2 (микроклимат жилого помещения - квартиры).

На основании распоряжения руководителя ТУ Роспотребнадзора проведено обследование квартиры по запросу её владельца.

При обследовании установлено:

Жилая квартира расположена на 2 этаже 7-этажного кирпичного жилого дома. Общая площадь 39,5 м². Набор помещений: 1 жилая комната 20 м², кухня 9 м², ванная комната, санузел – изолирован, прихожая.

Проведен замер параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха)

Дата замера: 01.11.2023.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ

| Наименование помещения | Температура, град.С | Относительная влажность воздуха, % | Средняя скорость движения воздуха, м/с |
|------------------------|---------------------|------------------------------------|--|
| Жилая комната | 29,0 | 60 | 0,2 |
| Кухня | 29,5 | 60 | 0,1 |
| Санузел | 28 | 62 | 0,2 |

Задание.

- 1) Назовите приборы, которые можно использовать для измерения микроклимата.
- 2) Оцените параметры микроклимата.
- 3) Проанализировать ситуацию с точки зрения возможного возникновения причинно-следственных связей между обнаруженными нарушениями санитарно-эпидемиологических требований и функциональными отклонениями или заболеваниями

Эталон ответа:

- 5) Для измерения температуры воздуха могут использоваться термометры. Температуру и влажность – аспирационный психрометр. Скорость движения воздуха – анемометрами. А также многофункциональные портативные приборы – термогигрометры, термоанемометры
- 6) Параметры микроклимата во всех помещениях превышают допустимые, установленные СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» для жилых помещений в холодное время года.
- 7) В результате повышенной температуры и высокой влажности воздуха при данных микроклиматических условиях будет преобладать отдача тепла способом испарения, поскольку при высокой температуре воздуха и, соответственно, окружающих предметов отдача тепла способами проведения и излучения будут снижены. Способом испарения отдаётся значительное количество тепла. При высокой влажности воздуха испарение будет затруднено.
- 8) В результате создается напряжение системы терморегуляции, напряжение системы кровообращения, кислотно-щелочного баланса.

Ситуационная задача 3 (микроклимат производственных помещений)

На участке сборки радиоаппаратуры площадью 60м² на рабочих местах регулировщиков проведена гигиеническая оценка параметров микроклимата.

Работа регулировщиков заключается в регулировке и настройке производимой на предприятии радиоаппаратуры. Категория работ по уровню энерготрат - 1Б. Температура воздуха в холодный период года составляет 17 °С, относительная влажность - 65%; подвижность воздуха 0,4 м/сек.

Задание.

- 1) Назовите приборы, которые можно использовать для измерения микроклимата, определите количество точек измерения микроклимата на участке.
- 2) Оцените параметры микроклимата.
- 3) Назовите системы организма регулировщика, испытывающие наибольшую нагрузку во время работы.
- 4) Дайте рекомендации по улучшению условий труда.

Эталон ответа:

- 1) Для измерения температуры воздуха могут использоваться термометры. Температуру и влажность – аспирационный психрометр. Скорость движения воздуха – анемометрами. А также многофункциональные портативные приборы – термогигрометры, термоанемометры (например – метеоскоп). Площадь цеха менее 100 м², поэтому точек (участков) измерения микроклимата должно быть не менее 4.
- 2) Температура меньше, а скорость движения воздуха рабочей зоны больше, чем нормируемые параметры для холодного времени года и категории работ 1Б. Тип микроклимата – охлаждающий.
- 3) Системы организма, испытывающие нагрузку – терморегуляции, система кровообращения, костно-мышечная система. При высокой скорости движения воздуха увеличивается отдача тепла способом проведения (конвекция) и усиливается испарение с поверхности тела, т.е., как правило, при увеличении скорости движения воздуха теплоотдача увеличивается. Возможны ознобления и замерзание.
- 4) Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в производственных помещениях необходимо усилить подачу тепла, организацию тепловых завес, возможно устройство кондиционирования воздуха, нормализация работы системы вентиляции с целью снижения скорости движения воздуха.

Ситуационная задача 4 (микроклимат производственных помещений, тяжесть труда II)

Обработка изделий из хрусталя производится на алмазных шлифовальных кругах. Категория работ по уровню энерготрат – IIа.

Параметры микроклимата на рабочих местах зимой составляют: температура воздуха 23,5 °С (норматив 17,0–23,0 °С), относительная влажность – 47% (норматив 15–75%), скорость движения воздуха – 0,7 м/с (норматив 0,1–0,3 м/с).

Задание.

- 1) Дайте санитарно-гигиеническую оценку условий труда на данном участке по показателям микроклимата
- 2) Назовите системы организма работающих, испытывающие наибольшую нагрузку.
- 3) Дайте рекомендации по улучшению условий труда

Эталон ответа:

- 1) При изучении условий труда шлифовальщиц установлено, что параметры микроклимата не соответствуют санитарным нормам, т.к. температура воздуха превышена на 0,5°С, скорость движения воздуха на рабочих местах (0,7 м/с) превышает регламентируемую на 0,4 м/с. Создается нагревающий микроклимат.
- 2) Системы организма, испытывающие нагрузку – терморегуляции, система кровообращения, иммунная система. В результате повышенной температуры и низкой влажности воздуха при данных микроклиматических условиях будет преобладать отдача тепла способом испарения, поскольку при высокой температуре воздуха и, соответственно, окружающих предметов отдача тепла способами проведения и излучения будут снижены. Возможны тепловой отек и тепловая астенция.
- 3) Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в производственных помещениях необходимо оборудовать местной вытяжной системой вентиляции, с достаточной скорости удаляемого воздуха (не менее 2 м/с).

Ситуационная задача 5 (микроклимат медицинских организаций).

При исследовании микроклиматических условий в четырехместной палате площадью 20 м² (при глубине 5,0 м и высоте 3,5 м) терапевтического отделения больницы получены следующие данные: показания термометра, размещенного на светонесущей (наружной) стене, равнялись 20,5°С, на противоположной (внутренней) стене – 22 °С, на внутренней боковой стене (на расстоянии 3 м от светонесущей стены) – 21,5 °С. Все измерения делали на высоте 1 м от пола. Перепады температуры по вертикали составили 1°С на каждый метр высоты палаты. Относительная влажность воздуха, измеренная аспирационным психрометром, составила 25 %, скорость движения воздуха в центре палаты – 0,02 м/с.

Задание.

- 1) Правильно ли измеряли микроклиматические параметры? Если есть ошибки, отметьте их. Определите и оцените перепады температуры воздуха палате по горизонтали и вертикали.
- 2) Какие показатели термометрии следует использовать для оценки средней температуры воздуха в палате?
- 3) Дайте гигиеническое заключение по приведенной ситуации.

- 4) Какой из способов теплоотдачи будет преобладать при данном микроклимате?
- 5) Какими способами можно регулировать микроклиматические условия в помещениях?

Эталон ответа:

- 1) Измерения температуры воздуха произведены неправильно, вследствие чего результаты следует считать заниженными. Температуру воздуха у наружной стены следует измерять на некотором расстоянии от неё (10-15 см). Кроме того, все измерения температуры (кроме перепадов по вертикали) нужно было измерять на высоте 1,5 м от пола. Поскольку в соответствии с условиями задачи в данной палате температуру воздуха измеряли на высоте 1 м, полученный результат измерения следует увеличить на 1° . С учетом поправки на высоту измерения средняя температура воздуха в данной палате будет равна $22,5^{\circ}\text{C}$ (результат измерения на внутренней стене в середине палаты на высоте 1 м ($21,5^{\circ}\text{C}$) + 1° – поправка на высоту). Перепады температуры воздуха в палате по горизонтали ($1,5^{\circ}\text{C}$) и вертикали ($2^{\circ}\text{C}/\text{м}$)- в пределах допустимых (2°C и $2,5^{\circ}\text{C}$ соответственно). Если учесть, что измерение температуры воздуха у наружной стены было произведено с нарушением правил (непосредственно у стены), то при правильном измерении (в 10 см от стены) температура будет несколько выше, а следовательно, перепад ее по горизонтали окажется еще меньше.
- 2) Для оценки средней температуры воздуха в палате следует использовать показания термометра, размещенного на внутренней боковой стене в середине палаты (на высоте 1,5 м).
- 3) Микроклиматические условия в исследуемой палате не соответствуют оптимальным параметрам: повышенная температура, пониженная влажность. Малая скорость движения воздуха (менее 0,2 м/с) свидетельствует о слабом воздухообмене
- 4) При повышенной средней температуре и пониженной влажности воздуха (25%) у больных, находящихся в палате, будет преобладать отдача тепла с помощью испарения, вследствие чего механизмы терморегуляции будут работать с напряжением. Что вызовет ощущение теплового дискомфорта. Испарение влаги может приводить к обезвоживанию организма, повышенной сухости слизистых оболочек, дыхательных путей и увеличению чувства жажды. Пониженная скорость движения воздуха (0,02 м/с) снижает возможности теплоотдачи способом теплопроводения и испарения.
- 5) Микроклиматические условия в помещении можно регулировать изменением интенсивности работы отопительных приборов и изменением вентиляции помещения.

Ситуационная задача 6 (микроклимат акушерского стационара)

В связи со значительным увеличением числа случаев внутрибольничной инфекции были проведены контрольные (надзорные) мероприятия в подразделениях акушерского стационара.

При обследовании одной из палат отделения интенсивной терапии в этом отделении установлено, что ее длина (глубина) составляет 4,75 м, ширина — 4,25 м, высота — 3,2 м; в ней размещен 1 пациент. Температура воздуха в палате была на уровне 27 °С, его влажность — 57 %, скорость движения — 0,05 м/с.

Задание. Дайте гигиеническую оценку параметрам микроклимата палаты. Определите эффективность вентиляции палаты.

Эталон ответа

- 1) Площадь палаты на одну койку равняется $4,75 \cdot 4,25 = 20,2$ м², что соответствует гигиеническим нормативам, а именно Приложению №1 СП 2.1.3678-20
- 2) Параметры микроклимата составляют:
- 3) Температура воздуха - 27 °С, что не соответствует гигиеническим нормативам (таблица 5.30 СанПиН 3685-21, Приложение №3 СП 2.1.3678-20)
- 4) Влажность воздуха — 57%, что соответствует требованиям нормативных документов (п. 96 СанПиН 3685-21)
- 5) Скорость движения воздуха — 0,05 м/с, что не соответствует гигиеническим нормативам (п. 96 СанПиН 3685-21)
- 6) Заключение: микроклиматические показатели палаты интенсивной терапии формируют нагревающий микроклимат. Вентиляция палаты является неэффективной. Это создает условия для напряжения системы терморегуляции пациента, что снижает эффективность лечебных мероприятий.

Ситуационная задача 7 (микроклимат ДОО)

В дошкольной образовательной организации № 3 г. Р. Общая численность воспитанников — 130 человек.

Установлено: наполняемость средней группы — 18 воспитанников. Помещения для них расположены на 1 этаже и представлены раздевальной комнатой (15м²), групповой комнатой (30м²), подсобным помещением, буфетом (4м²), туалетной комнатой (12м²). Для просушивания одежды и обуви используются стационарные отопительные приборы (батареи). В групповой комнате осуществляется игровая деятельность, питание и сон детей. Температура воздуха в групповой (холодный период года) 18°С, относительная влажность 65%, скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Задание.

- 1) Указать нормативные документы, необходимые для анализа и оценки представленных материалов.
- 2) Установить нарушения санитарно-эпидемиологических требований к дошкольным образовательным организациям.
- 3) Проанализировать ситуацию с точки зрения возможного возникновения причинно-следственных связей между обнаруженными нарушениями санитарно-эпидемиологических требований и функциональными отклонениями или заболеваниями у воспитанников.

Эталон ответа

- 1) Для анализа и оценки представленных материалов необходимо использовать санитарные правила СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- 2) В данной ситуации к нарушениям санитарно-эпидемиологических требований относят: несоответствие параметров микроклимата помещений допустимым величинам – низкая температура, высокая влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 1.2.3685-21, таблица 5.34).
- 3) Обнаруженные нарушения санитарно-эпидемиологических требований потенциально могут привести к распространению инфекционных заболеваний, формирование охлаждающего микроклимата потенциально будет способствовать увеличению заболеваемости ОРВИ.

Типовая задача 8 (микроклимат ОО, физкультурный зал)

В общеобразовательной организации № 53 г. Д. по организации физического воспитания. Установлено: Физкультура проводится в спортивном зале (200 м²) 2 раза в неделю. Температура воздуха в спортивном зале (теплый период года) 23°С, относительная влажность 65%, скорость движения воздуха 0,1 м/с. Проветривание в спортивном зале проводится до и после всех уроков.

Задание.

- 1) Указать нормативные документы, необходимые для анализа и оценки представленных материалов.
- 2) Установить нарушения санитарно-эпидемиологических требований к образовательным организациям.
- 3) Проанализировать ситуацию с точки зрения возможного возникновения причинно-следственных связей между обнаруженными нарушениями санитарно-эпидемиологических требований и функциональными отклонениями или заболеваниями у обучающихся.

Эталон ответа

- 1) Для анализа и оценки представленных материалов необходимо использовать санитарные правила СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- 2) В данной ситуации к нарушениям санитарно-эпидемиологических требований к образовательным организациям относят: превышение допустимых величин показателей микроклимата (температуры и влажности) в спортивном зале (СанПиН 1.2.3685-21, таблица 5.34).

- 3) Обнаруженные нарушения санитарно-эпидемиологических требований потенциально могут привести к напряжению системы терморегуляции, увеличению распространенности ОРВИ, паразитарных и инфекционных болезней.

Ситуационная задача 9 (микроклимат вуза)

Аудитория высшего учебного заведения расположена на втором этаже, ориентирован на юго-запад. Площадь аудитории составляет 68м², высота -3,2м. Температура воздуха в начале дня — 23°С, к концу занятий, через 3 часа — 26,5°С. Влажность воздуха в течение учебных занятий изменялась с 40% до 69%. Скорость движения воздуха не изменилась и составила 0,15 м/с.

Задание.

- 1) Назовите приборы, которые можно использовать для измерения микроклимата.
- 2) Оцените параметры микроклимата.
- 3) Проанализировать ситуацию с точки зрения возможного возникновения причинно-следственных связей между обнаруженными нарушениями санитарно-эпидемиологических требований и функциональными отклонениями или заболеваниями
- 4) Какими способами можно регулировать микроклиматические условия в помещениях?

Эталон ответа

- 1) Для измерения температуры воздуха могут использоваться термометры. Температуру и влажность – аспирационный психрометр. Скорость движения воздуха – анемометрами. А также многофункциональные портативные приборы – термогигрометры, термоанемометры
- 2) Параметры микроклимата в учебных помещениях имеют отклонение параметров температуры выше установленных санитарным законодательством. К концу занятий в аудитории имеет место повышение показателей относительной влажности, что может свидетельствовать о перегреве аудитории в результате отсутствия режима проветривания и/или переуплотненности аудитории.
- 3) Системы организма, испытывающие нагрузку – терморегуляции, система кровообращения. В результате повышенной температуры и низкой влажности воздуха при данных микроклиматических условиях будет преобладать отдача тепла способом испарения, поскольку при высокой температуре воздуха и, соответственно, окружающих предметов отдача тепла способами проведения и излучения будут снижены. Способом испарения отдаётся значительное количество тепла, а от степени влажности воздуха будет зависеть интенсивность испарения с поверхности тела. При высокой влажности воздуха испарение будет затруднено.
- 4) Микроклиматические условия в помещении можно регулировать изменением интенсивности работы отопительных приборов и изменением вентиляции помещения. Для улучшения микроклимата следует усилить вентиляцию (аэрацию) класса за счет более частого и интенсивного проветривания. Следует подумать и о регулировании теплоподачи в батареях центрального отопления за счет снижения температуры теплоносителя или уменьшения объема его поступления.

Чтобы безошибочно определить допустимые и оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте, необходимо принимать во внимание на интенсивность работ, выполняемых сотрудником.

Чем интенсивнее и энергозатратнее труд, тем выше категория, к которой он относится. Всего таких категорий пять:

Ia — малоинтенсивная сидячая работа (в офисе за компьютером, в швейном цеху за машинкой, на сборке приборов на предприятиях точного машиностроения и т.д.) с энергозатратами до 139 Вт;

Iб — не слишком интенсивная работа (например, на почте или за прилавком магазина), при выполнении которой сотрудник чередует сидение с ходьбой, расходуя от 140 до 174 Вт;

IIa — работы средней интенсивности, связанные с умеренным мышечным напряжением и ходьбой или перемещением грузов до 1 кг (ткацкое производство, машиностроительные предприятия), энерготраты — от 175 до 232Вт;

IIб — высокоинтенсивный труд с энергозатратами от 233 до 290 Вт (постоянная ходьба, эпизодическое перемещение грузов весом 1-10 кг, работа в цехах металлургических и машиностроительных предприятий);

III — труд самой высокой интенсивности, требующий значительных физических усилий (тяжёлый ручной труд, постоянные перемещения грузов весом свыше 10 кг) и способствующий быстрому расходу энергии (свыше 290 Вт).

Учебно-методическое издание

Гигиеническая оценка влияния микроклимата помещений на организм человека

Учебно-методическое пособие под ред. члена-корр. РАН В.Р. Кучмы.

Директор издательства

Дизайн обложки

Выпускающий редактор

Редактор

Подготовка оригинал-макета *Н.Н. Демина*

Тираж ___ экз.



Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Первый Московский государственный медицинский университет
имени И. М. Сеченова

ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ имени Ф. Ф. Эрисмана
Кафедра гигиены детей и подростков

ГИГИЕНА

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЯХ

УЧЕБНОЕ-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

под редакцией
члена-корреспондента РАН В. Р. Кучмы

Москва
2024

ГИГИЕНА

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЯХ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

под редакцией
члена-корреспондента РАН В. Р. Кучмы

Москва
2024

Рецензенты:

Авторы:

Нарышкина Е. В., Кучма В. Р.

Обеспечение радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения. Обеспечение радиационной безопасности при радиационных авариях: учебно-методическое пособие для студентов / под ред. члена-корр. РАН В. Р. Кучмы. – М.: ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России, 2024. – 48 с.

Учебно-методическое пособие посвящено оценке особенностей воздействия ионизирующего излучения на организм человека, гигиенической оценке радиационной безопасности.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 31.00.00 Клиническая медицина, специализации 31.05.02 Педиатрия.

Утверждено на заседании учебно-методической конференции кафедры гигиены детей и подростков Института общественного здоровья имени Ф. Ф. Эрисмана Сеченовского университета Минздрава России 1 марта 2024 г. (протокол № 6).

© Коллектив авторов, 2024

© ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И. М. Сеченова»

Минздрава России, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Список сокращений | 5 |
| Введение | 6 |
| 1. Ионизирующее излучение: основные понятия, термины и определения, единицы измерения | 7 |
| 2. Воздействие ионизирующего излучения на человека | 11 |
| 2.1. Оценка биологического действия (доза излучения) | 11 |
| 2.2. Влияние радиации на здоровье человека | 13 |
| 2.2.1. Радиационные симптомы | 13 |
| 2.2.2. Лучевая болезнь | 14 |
| 3. Источники радиационной опасности | 15 |
| 3.1. Естественное излучение | 15 |
| 3.2. Искусственные источники | 16 |
| 4. Гигиеническое нормирование ионизирующего излучения | 18 |
| 5. Обеспечения радиационной безопасности населения | 22 |
| 5.1. Требования к защите от природного облучения в производственных условиях | 26 |
| 5.2. Требования к ограничению облучения населения | 26 |
| 5.3. Ограничение природного облучения | 27 |
| 6. Обеспечение радиационной безопасности при радиационных авариях | 27 |
| Тема и цель практического занятия | 32 |
| Подготовка к практическому занятию | 32 |
| План проведения практического занятия | 32 |
| Нормативно-методические документы, необходимые для выполнения практического занятия | 33 |
| Дополнительная литература | 33 |
| Типовые ситуационные задачи с эталонами решений | 34 |
| Приложение Рабочая тетрадь студента | |
| Приложение 1. Клиническая картина острой и хронической лучевой болезни .. | 42 |

Список сокращений

| | |
|--------|---|
| АЭС | Атомная электростанция |
| ЕСКИД | Единая система контроля индивидуальных доз |
| ИИИ | Источник ионизирующего излучения |
| МАГАТЭ | Международное агентство по атомной энергии |
| МКРЗ | Международная комиссия по радиологической защите |
| ОСПОРБ | Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности |
| РРИ | Рентгенорадиологические исследования |

Введение

«Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения» (статья 1)¹.

«Граждане ... имеют право на радиационную безопасность. Это право обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм, правил и нормативов»². Научное обеспечение радиационной безопасности – зона ответственности радиационной гигиены.

Радиационная гигиена — отрасль гигиены, изучающая источники, уровни и последствия воздействия ионизирующих излучений на человека с целью разработки и обоснования нормативов, мер профилактики и защиты от повреждающего воздействия этих излучений. Направления исследований в радиационной гигиене: дозиметрическое, радиобиологическое, теоретическое и санитарно-законодательное.

Хиросима и Нагасаки, Чернобыль и Фукусима – названия городов, прочно связанные с радиационными катастрофами, повлекшими огромные человеческие жертвы и экономические последствия.

Впервые повреждающее действие ионизирующего излучения на человека было описано в 1896 г. У больных, которым проводили рентгеновские снимки и у врачей, выполнявших эти работы, были обнаружены дерматиты. При лучевых поражениях кожных покровов выявлялись гиперемия, отек, образование пузырей и язв, повреждение ногтей, выпадение волос, болевые ощущения, потеря чувствительности. Лучевые поражения кожи наступали не сразу после воздействия рентгеновского излучения, а спустя определенный промежуток времени в зависимости от величины полученной дозы. Такая же картина поражения кожных покровов была отмечена Пьером и Марией Кюри и после воздействия радия.

Впервые с массовым поражением ионизирующим излучением человечество столкнулось в результате применения США боевого ядерного оружия в гг. Хиросима и Нагасаки в августе 1945 года. Высокую смертность населения в последующие годы, а также высокий уровень болезней и генетические отклонения у детей, родившихся после бомбардировок долгое время, не связывали с воздействием ионизирующего излучения.

Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году явилась одной из крупномасштабных радиационных катастроф современности. Радиационному воздействию подверглись 14 областей Российской Федерации. Наиболее загрязненными радионуклидами оказались порядка 2,5 тысяч населенных

¹ Статья 1 Федерального закона «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 № 3-ФЗ (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 № 122-ФЗ).

² статья 22 Федерального закона «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 № 3-ФЗ (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 № 122-ФЗ).

пунктов Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей, где проживало более 33 тысяч только детей.

Вторая масштабная радиационная катастрофа произошла на АЭС Фукусима-1, 11 марта 2011 года в результате сильнейшего в истории Японии землетрясения и последовавшего за ним цунами, и приведшего к расплавлению активной зоны реакторов на трех энергоблоках. Люди, проживавшие поблизости от АЭС Фукусима-Даичи, подверглись воздействию внешнего облучения из радиоактивного облака и скоплений радиоактивных веществ на поверхности земли, а также воздействию внутреннего облучения через дыхание и поступление радионуклидов с пищей.

Однако необходимо помнить, что источники радиоактивности широко используются в различных отраслях промышленности и сферах деятельности человека.

1. Ионизирующее излучение: основные понятия, термины и определения, единицы измерения

Ионизирующее излучение – это вид энергии, высвобождаемой атомами в форме электромагнитных волн (гамма- или рентгеновское излучение) или частиц (нейтроны, бета или альфа).

Ионизирующее излучение – это спонтанный распад атомов, который называется радиоактивностью, а избыток возникающей при этом энергии является формой ионизирующего излучения. Ионизирующее излучение – это нестабильные элементы, образующиеся при распаде и испускающие ионизирующее излучение, которые называются радионуклидами³.

По своей природе ионизирующие излучения подразделяются на:

- 1) корпускулярные излучения (альфа, бета)
- 2) электромагнитные излучения (гамма и рентгеновское).

Характеристики основных видов ионизирующего излучения и средства защиты от них представлены в табл. 1.

Ионизирующие излучения обладают различной природой (табл. 1) и различной способностью распространения в пространстве и поглощения различными материалами (рис. 1).

Таблица 1 – Характеристика основных видов ионизирующего излучения⁴

| Излучение | Вид излучения | Заряд | Защитные материалы |
|----------------------|------------------------|--------|--|
| Альфа | частица | +2 | Бумага, одежда, кожа |
| Бета | частица | -1, +1 | Пластмасса, лёгкие металлы, стекло |
| Гамма, рентгеновское | электромагнитная волна | 0 | Тяжёлые металлы, бетон, грунт |
| нейтрон | частица | 0 | Для замедления быстрых нейтронов: бетон, пластмассы, парафин, вода |

³ ВОЗ. Информационный бюллетень №371 Апрель 2016 г.

⁴ <http://www.csgi.ru>

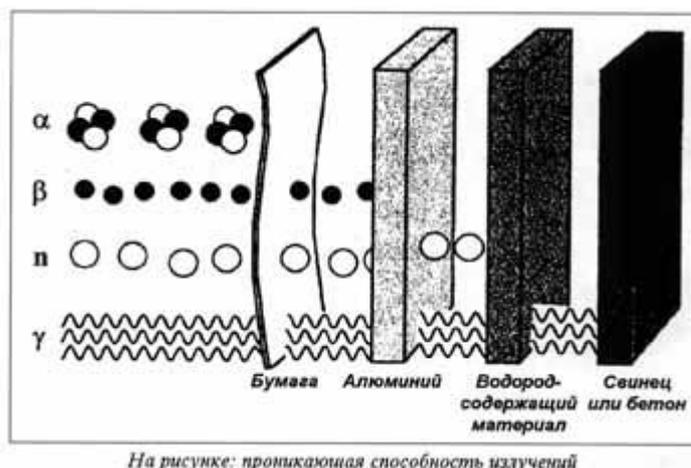


Рисунок 1. Проникающая способность излучений.

Все радионуклиды можно идентифицировать по виду испускаемого ими излучения, энергии излучения и периоду полураспада.

Единицей измерения активности радиоактивного источника в Международной системе (СИ) является **беккерель (Бк)**.

Один беккерель – это один радиоактивный распад за одну секунду.

Период полураспада – это промежуток времени, в течение которого распадается половина данного количества ядер радиоактивного изотопа, активность радионуклида в результате распада уменьшилась наполовину от его первоначальной величины. К примеру, период полураспада йода-131 составляет 8 дней.

Воздействие излучения на ткани зависит от типа излучений и вида тканей. Но во всех случаях происходит преобразование энергии излучения в другие виды энергии. В результате часть энергии излучения поглощается веществом. Поглощенная энергия – первопричина всех последующих процессов, которые приводят к биологическим изменениям в живом организме. Количественно действие ионизирующего излучения (независимо от его природы) оценивается по энергии, переданной веществу. Для этого используется специальная величина – *доза излучения*.

Доза излучения – в радиационной безопасности, физике и радиобиологии – величина, используемая для оценки степени воздействия ионизирующего излучения на любые вещества, живые организмы и их ткани.

Различают четыре вида доз облучения (рис. 2):

- поглощенную,
- эквивалентную,
- эффективную,
- экспозиционную.



5

Рисунок 2. Основные виды доз облучения человека.

На практике мера воздействия ионизирующего излучения на вещество не поддается простому определению из-за сложности и многообразности протекающих при этом процессов. Важным из них, дающим начало физико-химическим изменениям в облучаемом веществе и приводящим к определенному радиационному эффекту, является поглощение энергии ионизирующего излучения веществом. В результате этого возникло понятие поглощенная доза.

Поглощенная доза — это количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого вещества, определяется отношением поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе поглощающего вещества.

Единица измерения поглощенной дозы в системе СИ – грей (Гр). 1 Гр — это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения в 1 джоуль. **Внесистемная единица поглощенной дозы – рад** (1 Гр = 100 рад).

Изучение отдельных последствий облучения живых тканей показало, что при одинаковых поглощенных дозах различные виды радиации производят неодинаковое биологическое воздействие на организм. Обусловлено это тем, что более тяжелая частица (например, протон) производит на единицу длины пути в ткани больше ионов, чем легкая (например, электрон). При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический разрушительный эффект тем выше, чем плотнее ионизация, создаваемая излучением. Чтобы учесть этот эффект, введено понятие эквивалентной дозы.

Эквивалентная доза — это расчетная величина: рассчитывается путем умножения значения поглощенной дозы на специальный коэффициент — взвешивающий коэффициент излучения, учитывающий относительную биологическую эффективность различных видов радиации.

⁵ <http://rad-stop.ru/1-dozyi-i-edinitsyi-ih-izmereniya>

Взвешивающие коэффициенты – это инструмент, позволяющий учитывать тот факт, что одни органы и ткани человека более чувствительны к действию радиации, чем другие. Умножив значение эквивалентной дозы на соответствующий взвешивающий коэффициент и просуммировав по всем тканям и органам, получаем эффективную дозу, отражающую суммарный эффект для организма. Взвешивающие коэффициенты устанавливают эмпирически и рассчитывают таким образом, чтобы их сумма для всего организма составляла единицу.

Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе любого вида излучения, поглощённой в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощённая доза в 1 Гр фотонного излучения.

Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада). $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

Эффективная доза (Е) — это мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты.

Одни органы и ткани человека более чувствительны к действию радиации, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе возникновение рака легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения разных органов и тканей следует учитывать с разным коэффициентом, который называется взвешивающим коэффициентом ткани. Умножив значение эквивалентной дозы на соответствующий взвешивающий коэффициент и просуммировав по всем тканям и органам, получим эффективную дозу, отражающую суммарный эффект для организма. Взвешивающие коэффициенты устанавливают эмпирически и рассчитывают таким образом, чтобы их сумма для всего организма составляла единицу.

Единицы измерения эффективной дозы совпадают с единицами измерения эквивалентной дозы (зиверт или бэр).

Зиверт (Зв) является очень большой единицей, поэтому используют миллизиверт (мЗв) или микрозиверт (мкЗв). В одном мЗв содержится тысяча мкЗв, а тысяча мЗв составляют один Зв. Помимо количества радиации (дозы), возможно указание скорости выделения этой дозы, например мкЗв/час или мЗв/год.

Основная характеристика взаимодействия ионизирующего излучения со средой — это ионизационный эффект. Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название экспозиционная доза.

Экспозиционная доза — это отношение суммарного электрического заряда ионов одного знака, образованных после полного торможения в воздухе электронов и позитронов, освобождённых или порождённых фотонами в элементарном объёме воздуха, к массе воздуха в этом объёме.

Единица измерения экспозиционной дозы в системе СИ является кулон (Кл), делённый на килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген (Р). 1 Кл/кг = 3876 Р.

2. Воздействие ионизирующего излучения на человека

Воздействие ионизирующего излучения возможно в трех случаях.

1). Запланированное воздействие, которое обусловлено преднамеренным использованием и работой источников излучения в конкретных целях. Примером может служить медицинское использование излучения для диагностики или лечения пациентов, или использование излучения в промышленности или в целях научных исследований.

2). Воздействие от уже существующих источников, например воздействие радона в жилых домах или на рабочих местах или воздействие фонового естественного излучения в условиях окружающей среды.

3). Воздействие в чрезвычайных ситуациях, таких как экстренные ядерные происшествия или злоумышленные действия⁶.

2.1. Оценка биологического действия (доза излучения)

Воздействие ионизирующего излучения бывает 2-х видов: внутреннее и внешнее.

Внутренне воздействие ионизирующего излучения обусловлено поступлением радионуклидов внутрь организма с водой и пищей, через повреждения кожи, при вдыхании. Так, не соответствующие радиационным нормам продукты питания имеют повышенное содержание радионуклидов и становятся источником излучения непосредственно внутри организма.

Внешнее радиоактивное излучение возникает при оседании радиоактивных материалов из воздуха на кожу человека или одежду. Радиоактивные пыль, жидкости, аэрозоли можно удалить смыванием с тела. Внешнее излучения, возможно, от внешнего источника (например, медицинское рентгеновское оборудование). При этом внешнее облучение воздействует на человека только во время нахождения его в радиоактивной зоне.

Различают детерминированные и стохастические эффекты.

Детерминированные эффекты – это неизбежные, клинически выявляемые вредные биологические эффекты, возникающие при облучении, в основном, большими дозами, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

⁶ www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/ru

Стохастические эффекты – это вредные биологические эффекты излучения, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления.

Биологический эффект облучения организма ионизирующим излучением, определяется эквивалентной дозой ($H_{T,R}$), которая высчитывается умножением поглощенной дозы на взвешенный коэффициент данного вида излучения W_R .

Биологическое действие излучения с различной эквивалентной дозой представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Биологическое действие разовых эффективных доз

| Эквивалентная доза, бэр | Биологический эффект |
|-------------------------|---|
| 5-10 | Регистрация отдельных мутаций |
| 10-25 | Для взрослого человека видимых нарушений нет, для эмбриона могут быть поражения мозга |
| 25-50 | Временная мужская стерилизация, возможны изменения в крови |
| 50-100 | Обязательно есть изменения в крови; нарушение иммунитета |
| 100-200 | Иммунодефицитное состояние |
| 200-400 | Потеря работоспособности, инвалидизация |
| 400-500 | Тяжёлое поражение костного мозга, 50% смертность поражённых |
| 600-1000 | Тяжёлое поражение слизистой кишечника, 100% смертность в течении 3-12 дней |
| 1000-10000 | Коматозное состояние, смерть через 1–2 часа |
| $H > 10000$ | Смерть под лучом |

Разные органы и ткани обладают различной чувствительностью к действию радиации. Так, при одинаковой *эквивалентной дозе* риск генетических повреждений наиболее вероятен при облучении репродуктивных органов. Риск возникновения рака легких при воздействии α -излучения радона в равных условиях облучения выше, чем риск возникновения рака кожи. Поэтому дозы облучения отдельных элементов живых систем следует рассчитывать с учетом их радиочувствительности. Для этого используются весовые коэффициенты w_T , приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Значения весовых коэффициентов органов и тканей при расчете эффективной дозы⁷.

| Органы и ткани | w_T |
|--|-------|
| Гонады | 0,08 |
| Толстый кишечник (прямая, сигмовидная, нисходящая) | 0,12 |
| Лёгкие | 0,12 |
| Красный костный мозг | 0,12 |
| Желудок | 0,12 |

⁷(2007) Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ): Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите от 2007 года = ICRP publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection / Под ред. Л.-Э. Холма. Пер. с англ. под общей ред. М. Ф. Киселёва и Н. К. Шандалы. — М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. — 344 с

| | |
|-----------------------------|------|
| Молочная железа | 0,12 |
| Мочевой пузырь | 0,04 |
| Щитовидная железа | 0,04 |
| Печень | 0,04 |
| Пищевод | 0,04 |
| Кожа | 0,01 |
| Клетки костных поверхностей | 0,01 |
| Мозг | 0,01 |
| Остальные ткани | 0,05 |

2.2. Влияние радиации на здоровье человека

Покраснение кожи, выпадение волос, радиационные ожоги, острый лучевой синдром вызываются облучением выше пороговых значений. Пороговая доза острого лучевого синдрома составляет приблизительно 1 Зв (1000 мЗв).

При низкой дозе или длительном периоде воздействия, риск здоровью существенно снижается, поскольку в этом случае увеличивается вероятность восстановления поврежденных тканей. В то же время, риск долгосрочных последствий, таких как рак, который может проявиться через годы и даже десятилетия, существует. Воздействия при низкой дозе или длительном периоде воздействия проявляются не всегда, однако их вероятность пропорциональна дозе облучения. Этот риск выше в случае детей и подростков, так как они намного более чувствительны к воздействию радиации, чем взрослые.

Эпидемиологические исследования в группах населения, подвергшихся облучению, например людей, выживших после взрыва атомной бомбы, или пациентов радиотерапии, показали значительное увеличение вероятности рака при дозах выше 100 мЗв. Более поздние эпидемиологические исследования на людях, которые подвергались воздействию в детском возрасте в медицинских целях (КТ в детском возрасте), позволяют сделать вывод о том, что вероятность рака может повышаться даже при более низких дозах (в диапазоне 50–100 мЗв).

Дородовое воздействие ионизирующего излучения может вызвать повреждение мозга плода при сильной дозе, превышающей 100 мЗв между 8 и 15 недель беременности и 200 мЗв между 16 и 25 недель беременности. Исследования на людях показали, что до 8 недели или после 25 недели беременности связанный с облучением риск для развития мозга плода отсутствует. Эпидемиологические исследования свидетельствуют о том, что риск развития рака у плода после воздействия облучения аналогичен риску после воздействия облучения в раннем детском возрасте.

2.2.1. Радиационные синдромы

При облучении обычно страдают все органы и ткани, но ведущим для самого организма являются поражения одного или нескольких критических органов. К критическим органам относят ткани и органы, повреждение которых при облучении организма происходит первыми в определенном диапазоне доз и обуславливает гибель всего организма в разные временные сроки.

Выделяют три основных радиационных синдрома в зависимости от критического органа:

1. *Костномозговой* – развивается при облучении в диапазоне доз 1-10 Гр, средняя продолжительность жизни – не более 40 суток, на первый план выступают нарушения гемопоэза.
2. *Желудочно-кишечный* развивается в диапазоне доз 10–80 Гр, средняя продолжительность жизни около 8 суток, ведущим является поражение кишечника.
3. *Церебральный* развивается при облучении в дозах более 80–100 Гр, продолжительность жизни менее 2 суток, развиваются необратимые поражения в ЦНС

Костномозговой синдром

Уменьшение численности клеток костного мозга начинается тотчас после облучения и постепенно достигает минимума. Основная причина катастрофического опустошения костного мозга на самых ранних стадиях облучения состоит в резком торможении клеточного деления при продолжающемся поступлении зрелых элементов на периферию.

Желудочно-кишечный синдром

Наиболее важные изменения возникают в тонком кишечнике и заключаются в клеточном опустошении ворсинок и крипт, основную роль в котором играет интерфазная гибель клеток сразу после облучения.

Для летального исхода, помимо оголения ворсинок, важны также такие факторы как проникновение инфекции, поражение кровеносных сосудов, нарушение баланса жидкостей и электролитов.

Церебральный синдром

ЦНС состоит из высокодифференцированных непролиферирующих клеток, отличающихся высокой резистентностью, поэтому при облучении выраженных клеточных потерь не наблюдается. Гибель нервных клеток будет при огромных дозах порядка сотен Гр. В летальном исходе важную роль играет поражение кровеносных сосудов с быстрым развитием отёка мозга.

2.2.2. Лучевая болезнь

Острая лучевая болезнь (ОЛБ) – наиболее типичный пример радиационного поражения человека, развивается при облучении в дозе свыше 1 Гр. При дозе менее 1 Гр может возникнуть острая лучевая травма, сопровождающаяся небольшой лейкопенией и тромбоцитопенией без признаков заболевания.

Выделяют 4 основные формы ОЛБ:

- 1. Косно-мозговая, доза облучения составляет 1–10 Гр,
- 2. Кишечная, доза облучения составляет 10–20 Гр,
- 3. Токсическая, доза облучения составляет 20–80 Гр,
- 4. Церебральная, доза облучения более 80 Гр.

В течении ОЛБ выделяют 3 периода:

- 1. Период формирования,

- 2. Период восстановления,
- 3. Период исходов и последствий.

Период формирования включает 4 фазы: первичная острая реакция, фаза мнимого благополучия или латентная, разгар болезни, раннее восстановление.

Хроническая лучевая болезнь (ХЛБ) формируется медленно, постепенно, при длительном воздействии на организм ионизирующего излучения, разовые и суммарные дозы которого превышают принятые предельно допустимые для профессионального облучения.

Выделяют два варианта ХЛБ:

1. С развёрнутым клиническим синдромом, возникновение которого обусловлено действием общего облучения;
2. С клиническим синдромом преимущественного поражения отдельных органов и систем от внутреннего и внешнего облучения или внешнего облучения (местные лучевые поражения).

ХЛБ, обусловленная общим облучением, может развиваться:

- При равномерном внешнем облучении у лиц, занятых промышленными и медицинскими гамма- и рентгеновскими исследованиями, работающих возле ускорителей, реакторов, на предприятиях ядерного топливного цикла;
- При инкорпорации равномерно распределяющихся в организме изотопов (например, тритий, цезий-137, углерод-14). Данный вариант ХЛБ развивается при достижении определённого уровня доз (суммарная доза 0.7–1 Зв, интенсивность излучения 1–5 мЗв в день). Характеризуются постепенным развитием и длительным волнообразным течением.

Ткани, имеющие большой резерв активно размножающихся малодифференцированных клеток (эпителий кишечника, кроветворная ткань, сперматогенный эпителий), длительно сохраняют возможность морфологического восстановления. В высокоспециализированных системах (нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной) процессы клеточного обновления идут слабо, они отвечают на хроническое лучевое воздействие комплексом функциональных сдвигов.

Развернутая клиническая картина острой и хронической лучевых болезней представлена в приложении 1.

3. Источники радиационной опасности

Источники ионизирующего излучения могут быть как *естественными*, так и *искусственными*.

3.1. Естественное излучение (космическое, земное) воздействует на человека практически каждый день.

Атмосфера защищает от большого влияния *космического излучения*, приходящего из-за пределов Земли. Находясь на высоте (к примеру, в горах или

во время авиаперелетов) люди подвергаются большому воздействию естественного излучения

В природе присутствуют нуклиды с большими периодами полураспада ($>5 \cdot 10^7$ лет, например [уран-238](#), [торий-232](#), [калий-40](#)), продукты их распада (например, [радон-222](#)) и космогенные нуклиды, возникающие в результате действия космического излучения (тритий, [углерод-14](#)). Радионуклиды могут поглощаться человеком как из воздуха, так и из воды, и с продуктами питания.

Основная часть облучения от *земного* излучения вызвана газом – радоном, который является наибольшим источником облучения в мире.

Большинство радионуклидов получают искусственным путем.

3.2. Искусственные источники

Искусственные излучения как правило связаны с закрытыми источниками.

Закрытыми называют любые источники радиации, устройство которых исключает попадание радиационных веществ в окружающую среду при предвиденных условиях их эксплуатации и износа.

Закрытые источники ионизирующего излучения по характеру действия могут быть условно разделены на 2 группы: а) источники излучения непрерывного действия, б) источники, генерирующие излучение периодически.

К первой группе относится радиационная техника в которой используются радионуклиды в закрытом виде, ко второй – рентгеновские аппараты, ускорители заряженных частиц.

Область применения используемых закрытых источников: металлургия, строительная индустрия, химическая промышленность, легкая промышленность, геология, медицина и биология, сельское хозяйство, научные исследования. Мощность закрытых источников, применяемых в хозяйственно-экономической деятельности, варьирует в широких пределах.

При выполнении производственных операций с радиоактивными источниками в открытом виде (открытый источник – источник излучения, при использовании которого возможно попадание радиоактивных веществ в окружающую среду) возможно не только внешнее, но и дополнительное внутреннее облучение персонала. Такие условия могут иметь место при поступлении радиоактивных изотопов в окружающую рабочую среду в виде газов, аэрозолей, а также в виде твердых и жидких радиоактивных отходов.

На человека также воздействует излучение, исходящее из искусственных источников – от производства ядерной энергии до медицинского использования радиационной диагностики или лечения.

Атомные электростанции (АЭС) – основной потенциальный источник радиационной опасности как для персонала, работающего на них, так и населения, проживающего вблизи АЭС.

Опасность нормальной работы АЭС по сравнению с проживанием вблизи угольной теплоэлектростанции (ТЭС) мощностью 1000 МВт, с вычетом выбросов природных радионуклидов (К-40, -238, 232, 210, 210) и химических канцерогенов (бенз(а)пирены) в сотни раз ниже, чем проживание вблизи АЭС аналогичной

мощности. Ситуация может существенно измениться в результате крупных аварий.

Источники ионизирующего излучения также широко распространены в строительной, нефтеперерабатывающей, авиационной и химической промышленности, где широко используют дефектоскопические методы, радиоизотопные приборы технологического контроля.

По потенциальной радиационной опасности объекты делятся на четыре категории.

К I категории относятся объекты, при аварии на которых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите.

Во II категории объектов радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны.

К III категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией объекта.

К IV категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

Все *работы с использованием открытых источников излучения* разделяются на три класса в зависимости от активности излучения на рабочем месте.

Работы III класса наименее опасные: суммарная активность более 10^3 до 10^5 Бк.

Работы II класса: суммарная активность более 10^5 до 10^8 Бк).

Работы I класса наиболее опасные: суммарная активность более 10^8 Бк.

Искусственные источники ионизирующего излучения в медицине:

- рентгенография, рентгеноскопия, компьютерная томография;

- лучевая терапия: облучение гамма-квантами, рентгеном, электронами, тяжёлыми ядерными частицами;

- радиофармацевтические препараты, вводимые в организм с лечебными и диагностическими целями.

Телевидение – источник мягкого рентгеновского излучения. Ежедневный в течение года просмотр цветных программ в течении трех часов формирует дозу 5-7 микрозивертов (мкЗв). За счет телевидения формируется средняя взвешенная годовая эффективная доза, равная 0,01 мЗв.

Использование авиации увеличивает облучение человека за счёт радиационного фона, создаваемого космическими лучами, что ведёт к формированию годовой эффективной дозы, равной 0,05 мЗв. Во время полета на самолете мощность дозы облучения всего тела составляет 1,35 мкЗв/ч на высоте 8 км, 5 мкЗв/ч – на высоте 12 км, 13 мкЗв/ч – на высоте 20 км. За 7 часов 25 мин трансатлантического перелёта Нью-Йорк–Париж на турбореактивном самолете пассажир получает около 50 мкЗв. Это означает, что мы можем

пролететь по этому маршруту 1000 раз и тем не менее не превысим годовую нормируемую дозу в 50 мЗв.

4. Гигиеническое нормирование ионизирующего излучения

Гигиеническое нормирование – установление предельных доз внешнего и внутреннего облучения, которые надежно гарантируют безопасность работающих с источниками излучения и всего населения.

Степень радиационной безопасности населения характеризуют следующие значения эффективных доз облучения от всех основных природных источников излучения:

- менее 5 мЗв/год – приемлемый уровень облучения населения от природных источников излучения;
- свыше 5 до 10 мЗв/год – облучение населения является повышенным;
- более 10 мЗв/год – облучение населения является высоким.

Для строительства зданий жилищного и общественного назначения должны применяться строительные материалы и изделия с эффективной удельной активностью природных радионуклидов не более 370 Бк/кг.

Критерии для принятия решения об использовании строительных материалов при превышении эффективной удельной активности природных радионуклидов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Критерии для принятия решения об использовании строительных материалов при превышении эффективной удельной активности природных радионуклидов

| Удельная эффективная активность ($A_{эфф}$), Бк/кг | Класс материала | Область применения |
|--|-----------------|---|
| До 370 | I | Все виды строительства |
| Св. 370 до 740 | II | Дорожное строительство в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки, строительство производственных сооружений |
| От 740 до 1500 | III | Дорожное строительство вне населенных пунктов |
| Св. 1500 до 4000 | IV | Вопрос об использовании материала решается по согласованию с Госкомсанэпиднадзором |

При выборе участков территорий под строительство зданий жилищного и общественного назначения выбираются участки с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения менее 0,3 мБк/(м²·с).

Уровни вмешательства для временного отселения населения составляют: для начала временного отселения – 30 мЗв в месяц, для окончания временного отселения 10 мЗв в месяц. Если прогнозируется, что накопленная за один месяц доза будет находиться выше указанных уровней в течение года, организуется отселение населения на новое постоянное место жительства.

Нормируемые величины профессионального облучения представлены в таблице 5.

Эффективная доза для персонала за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв.

Таблица 5 – Нормируемые величины облучения персонала группы А в нормальных условиях эксплуатации источников излучения

| Нормируемая величина | Значение предела, мЗв |
|--|-----------------------|
| Годовая эффективная доза, усредненная за любые последовательные 5 лет (но не более 50 мЗв в год) | 20 |
| Эффективная доза, накопленная за период трудовой деятельности (50 лет) | 1000 |
| Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза | 150 |
| Годовая эквивалентная доза облучения кожи | 500 |
| Годовая эквивалентная доза облучения кистей и стоп | 500 |
| Месячная эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщин в возрасте до 45 лет | 1 |

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования, кожных покровов, спецодежды, спецобуви, средств индивидуальной защиты персонала представлены в таблице 6.

Таблица 6 (8.9⁹) – Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования, кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала, част/(см² x мин.)

| Объект загрязнения | Альфа-активные нуклиды <1> | | Бета-активные нуклиды <1> |
|--|----------------------------|--------|---------------------------|
| | отдельные <2> | прочие | |
| Неповрежденная кожа, спецбелье, полотенца, внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты | 2 | 2 | 200 <3> |
| Основная спецодежда, внутренняя поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, наружная поверхность спецобуви | 5 | 20 | 2000 |
| Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования | 5 | 20 | 2000 |
| Поверхности помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования | 50 | 200 | 10000 |

| | | | |
|--|----|-----|-------|
| Наружная поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, снимаемых в саншлюзах | 50 | 200 | 10000 |
|--|----|-----|-------|

Примечания:

<1> Для кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты нормируется общее (снимаемое и неснимаемое) радиоактивное загрязнение. В остальных случаях нормируется только снимаемое загрязнение.

<2> К отдельным относятся альфа-активные нуклиды, среднегодовая допустимая объемная активность которых в воздухе рабочих помещений ДООА < 0,3 Бк/м³.

<3> Для 90Sr + 90Y - 40 част/(см² х мин.).

На период беременности и грудного вскармливания ребенка женщины переводятся на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения.

Воздействие космических излучений на экипажи самолетов нормируется как природное облучение в производственных условиях: не выше 5 мЗв в год.

Основные пределы доз определены санитарными правилами и нормативами СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»⁸.

Техногенному облучению в контролируемых условиях подвергаются следующие категории лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Персонал – это лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

При этом для них установлены два класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД), приведенные в таблице 7;
- допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДООА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и другие.

Для обеспечения условий, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого, с учетом достигнутого в организации уровня радиационной безопасности, администрацией организации дополнительно устанавливаются контрольные уровни (дозы, уровни активности, плотности потоков и др.).

Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 (далее - Нормы) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях

⁸ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 «[Нормы радиационной безопасности \(НРБ-99/2009\)](#)». Утверждены [постановлением](#) Главного государственного санитарного врача РФ от 7 июля 2009 г. N 47.

воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Таблица 7 (3.1⁹) – Основные пределы доз радиоактивного излучения

| Нормируемые величины* <u>(1)</u> | Пределы доз | |
|--|--|--|
| | персонал (группа А)* <u>(2)</u> | Население |
| Эффективная доза | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год |
| Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза | 150 мЗв | 15 мЗв |
| коже | 500 мЗв | 50 мЗв |
| кистях и стопах | 500 мЗв | 50 мЗв |

Примечания:

*(1) Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

*(2) Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводятся только для группы А.

Требования и нормативы, установленные Нормами, являются обязательными для всех юридических и физических лиц, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей, а также для администраций субъектов Российской Федерации, местных органов власти, граждан, проживающих на территории Российской Федерации.

Нормы устанавливают основные пределы доз, допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения по ограничению облучения населения в соответствии с [Федеральным законом](#) от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»¹⁰.

Нормы распространяются на следующие источники ионизирующего излучения:

- техногенные источники за счет нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;
- техногенные источники в результате радиационной аварии;
- природные источники;
- медицинские источники.

⁹Здесь и далее номер таблицы в СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009».

¹⁰ <https://base.garant.ru/10108778/>

5. Обеспечение радиационной безопасности населения

Обеспечение радиационной безопасности достигается выполнением требований Санитарных правил и нормативов СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010)¹¹.

Правила являются обязательными для исполнения на территории Российской Федерации всеми юридическими и физическими лицами, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей, а также для администрации субъектов Российской Федерации, местных органов власти, граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства, проживающих на территории Российской Федерации.

Правила распространяются на всех юридических и физических лиц, осуществляющих:

- проектирование, добычу, производство, хранение, использование, транспортирование радиоактивных веществ и других источников ионизирующего излучения (ИИИ);

- сбор, хранение, переработку, транспортирование и захоронение радиоактивных отходов;

- монтаж, ремонт и наладку приборов, установок и аппаратов, действие которых основано на использовании ионизирующего излучения, и устройств, генерирующих ионизирующее излучение;

- радиационный контроль техногенных ИИИ.

Техногенные ИИИ и радиоактивные отходы подлежат обязательному контролю и учету. Обращение с техногенными ИИИ или радиоактивными отходами допускается только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с ними санитарным правилам (далее - СЭЗ).

Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные законодательными и нормативно-правовыми документами Российской Федерации.

Принцип обоснования применяется при проектировании новых источников ионизирующего излучения и радиационных объектов, при выдаче лицензий и утверждении нормативно-технической документации на использование источников ионизирующего излучения, а также при изменении условий их эксплуатации.

При радиационной аварии принцип обоснования относится не к источникам ионизирующего излучения и условиям облучения, а к защитному

¹¹Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. N 40 (с изменениями и дополнениями от 16 сентября 2013 г.).

мероприятию. При этом в качестве величины пользы следует оценивать предотвращенную данным мероприятием дозу. Однако мероприятия, направленные на восстановление контроля над источниками ионизирующего излучения, должны проводиться в обязательном порядке.

Принцип оптимизации применяется в условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующих излучений в соответствии с СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010).

При радиационной аварии, когда вместо пределов доз действуют более высокие уровни вмешательства, принцип оптимизации должен применяться к защитному мероприятию с учетом предотвращаемой дозы облучения и ущерба, связанного с вмешательством.

Принцип нормирования обязаны применять и выполнять все юридические и физические лица, от которых зависит уровень облучения людей и которые должны обеспечивать не превышение пределов доз, установленных требованиями федерального законодательства (N 3-ФЗ) и [НРБ-99/2009](#).

Оценка состояния радиационной безопасности в организации и в каждом регионе основывается на показателях:

- характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
- вероятность радиационных аварий и их масштаб;
- степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;
- анализ доз облучения, получаемых персоналом и отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;
- число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения;
- показатель радиационного риска.

Все показатели, характеризующие состояние радиационной безопасности персонала радиационных объектов и населения, ежегодно отражаются в радиационно-гигиенических паспортах организаций и территорий в соответствии с порядком, установленным Правительством Российской Федерации. Анализ данных, приведенных в радиационно-гигиенических паспортах организаций и территорий, проводится путем сопоставления их с требованиями [НРБ-99/2009](#), СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010) и с данными предыдущих лет.

Пути обеспечения радиационной безопасности

Радиационная безопасность на радиационном объекте и вокруг него обеспечивается за счет:

- качества проекта радиационного объекта;

- обоснованного выбора района и площадки для размещения радиационного объекта;
- обеспечения сохранности источников ионизирующего излучения и исключения возможности их несанкционированного использования;
- зонирования территории вокруг наиболее опасных объектов и внутри них;
- условий эксплуатации технологических систем;
- санитарно-эпидемиологической оценки и лицензирования деятельности с источниками ионизирующего излучения;
- санитарно-эпидемиологической оценки изделий и технологий;
- наличия системы радиационного контроля;
- планирования и проведения мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при нормальной работе объекта, его реконструкции и выводе из эксплуатации;
- повышения радиационно-гигиенической грамотности персонала и населения.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается:

- ограничениями допуска к работе с источниками ионизирующего излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другим показателям;
- знанием и соблюдением правил работы с источниками ионизирующего излучения;
- защитными барьерами, экранами и расстоянием от источников ионизирующего излучения, а также ограничением времени работы с источниками ионизирующего излучения;
- созданием условий труда, отвечающих требованиям [НРБ-99/2009](#) и СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010);
- применением индивидуальных средств защиты;
- соблюдением установленных контрольных уровней;
- организацией радиационного контроля;
- организацией системы информации о радиационной обстановке;
- проведением эффективных мероприятий по защите персонала при планировании повышенного облучения в случае аварии.

Радиационная безопасность населения обеспечивается:

- созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям [НРБ-99/2009](#) и СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010);
- установлением допустимых уровней воздействия для облучения от техногенных источников ионизирующего излучения;
- организацией радиационного контроля;
- эффективностью планирования и проведения мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и в случае радиационной аварии;
- организацией системы информации о радиационной обстановке.

Радиационная безопасность пациентов при медицинском облучении обеспечивается:

- обоснованием целесообразности рентгенорадиологического исследования или лечебной процедуры;
- оптимизацией радиационной защиты пациента.

Радиационная безопасность персонала и населения от источников потенциального облучения обеспечивается применением технических мер по снижению вероятности событий, вследствие которых могут быть превышены граничные значения обобщенного риска, установленные [НРБ-99/2009](#), а также мер по минимизации последствий радиационной аварии.

Радиационная безопасность населения на территориях, где вследствие прошлой хозяйственной деятельности или радиационных аварий имеется остаточное радиоактивное загрязнение или источники потенциального облучения, обеспечивается мерами защиты, на основе принципа оптимизации, направленными на локализацию источника, ограничение доступа и/или информирование населения о факторах радиационной опасности.

При разработке мероприятий по снижению доз облучения персонала и населения следует исходить из следующих основных положений:

- индивидуальные дозы должны снижаться, прежде всего там, где они превышают допустимый уровень облучения;
- мероприятия по коллективной защите людей должны осуществляться в отношении тех источников ионизирующего излучения, где в соответствии с принципом оптимизации достижимо наибольшее снижение коллективной дозы облучения при минимальных затратах;
- снижение доз от каждого источника ионизирующего излучения должно прежде всего достигаться за счет уменьшения облучения критических групп населения для этого источника ионизирующего излучения.

Для обоснования расходов на радиационную защиту при реализации принципа оптимизации принимается, что облучение в коллективной эффективной дозе в 1 чел.-Зв приводит к потенциальному ущербу, равному потере примерно 1 чел.-года жизни населения. Величина денежного эквивалента потери 1 чел.-года жизни устанавливается отдельными документами федерального уровня в размере не менее 1 годового душевого национального дохода.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения установлены специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Началом периодов считается 1 января 2000 года.

Годовая эффективная доза облучения персонала за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения не должна превышать пределов доз, приведенных в таблице 1.

Под годовой эффективной дозой понимается сумма эффективной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала.

На период беременности и грудного вскармливания ребенка женщины должны переводиться на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Обеспечение радиационной безопасности населения достигается выполнением требований к защите от природного облучения в производственных условиях, требованиями к ограничению облучения населения, в том числе от естественных источников излучения, ограничением медицинского облучения, ограничениям облучения населения в условиях радиационной аварии.

5.1. Требования к защите от природного облучения в производственных условиях

Эффективная доза облучения природными источниками излучения всех работников, включая персонал, не должна превышать 5 мЗв в год в производственных условиях (любые профессии и производства).

При многофакторном воздействии должно выполняться условие: сумма отношений воздействующих факторов к значениям, приведенным выше, не должна превышать 5.

5.2. Требования к ограничению облучения населения

Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от всех основных видов облучения. В отношении всех источников облучения населения следует принимать меры как по снижению дозы облучения у отдельных лиц, так и по уменьшению числа лиц, подвергающихся облучению, в соответствии с принципом оптимизации.

Годовая доза облучения населения не должна превышать основные пределы доз (табл.5). Указанные пределы доз относятся к средней дозе критической группы населения, рассматриваемой как сумма доз внешнего облучения за текущий год и ожидаемой дозы до 70 лет вследствие поступления радионуклидов в организм за текущий год.

Облучение населения техногенными источниками излучения ограничивается путем обеспечения сохранности источников излучения, контроля технологических процессов и ограничения выброса (сброса) радионуклидов в окружающую среду, а также другими мероприятиями на стадии проектирования, эксплуатации и прекращения использования источников излучения.

Допустимые значения содержания радионуклидов в пищевых продуктах, питьевой воде и воздухе, соответствующие пределу дозы техногенного облучения населения 1 мЗв/год и квотам от этого предела, рассчитываются на основании значений дозовых коэффициентов при поступлении радионуклидов через органы пищеварения с учетом их распределения по компонентам рациона питания и питьевой воде, а также с учетом поступления радионуклидов через органы дыхания и внешнего облучения людей.

5.3. Ограничение природного облучения

Допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается. Снижение облучения населения достигается путем установления системы ограничений на облучение населения от отдельных природных источников излучения.

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений не превышала 100 Бк/м³, а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

В эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе жилых и общественных помещений не должна превышать 200 Бк/м³. При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

6. Обеспечение радиационной безопасности при радиационных авариях

Система радиационной безопасности персонала и населения при радиационной аварии должна обеспечивать сведение к минимуму негативных последствий аварии, прежде всего – предотвращение возникновения детерминированных эффектов и минимизацию вероятности стохастических эффектов.

При обнаружении радиационной аварии предпринимаются срочные меры по прекращению развития аварии, восстановлению контроля над источником

излучения и сведения к минимуму доз облучения и количества облученных лиц из персонала и населения, радиоактивного загрязнения производственных помещений и окружающей среды, экономических и социальных потерь, вызванных аварией.

В медицинском учреждении, обслуживающем радиационный объект, на случай аварийного облучения персонала этого объекта имеются в наличии:

- приборы радиационного контроля;
- средства дезактивации кожных покровов, ожогов и ран;
- средства ускорения выведения радионуклидов из организма;
- радиопротекторы.

Общая схема мер защиты населения от радиационной опасности представлена на рисунке 3.

В случае возникновения аварии должны быть приняты практические меры для восстановления контроля над источником излучения и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц, радиоактивного загрязнения окружающей среды, экономических и социальных потерь, вызванных радиоактивным загрязнением.



Рисунок 3. Меры по защите населения от радиационной опасности.

При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятиями, применимыми, как правило, к окружающей среде и (или) к человеку.

Эти мероприятия могут приводить к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории.

При планировании защитных мероприятий необходимо обеспечивать максимально возможное превышение пользы от снижения дозы облучения над ущербом, связанным с проведением этих мероприятий.

Если предполагаемая доза излучения за короткий срок (2 суток) достигает уровней, при превышении которых возможны детерминированные эффекты (табл. 8), необходимо срочное вмешательство (меры защиты).

Таблица 8 (6.1⁹) – Прогнозируемые уровни облучения, при которых необходимо срочное вмешательство

| Орган или ткань | Поглощенная доза в органе или ткани за 2 суток, Гр |
|-------------------|--|
| Все тело | 1 |
| Легкие | 6 |
| Кожа | 3 |
| Щитовидная железа | 5 |
| Хрусталик глаза | 2 |
| Гонады | 3 |
| Плод | 0,1 |

При хроническом облучении в течение жизни защитные мероприятия становятся обязательными, если годовые поглощенные дозы превышают значения, приведенные в таблице 9. Превышение этих доз приводит к серьезным детерминированным эффектам.

Таблица 9 (6.2⁹) – Уровни вмешательства при хроническом облучении

| Орган или ткань | Годовая поглощенная доза, Гр |
|----------------------|------------------------------|
| Гонады | 0,2 |
| Хрусталик глаза | 0,1 |
| Красный костный мозг | 0,4 |

Уровни вмешательства для временного отселения населения составляют: для начала временного отселения - 30 мЗв в месяц, для окончания временного отселения 10 мЗв в месяц. Если прогнозируется, что накопленная за один месяц доза будет находиться выше указанных уровней в течение года, следует решать вопрос об отселении населения на постоянное место жительства.

При аварии, повлекшей за собой радиоактивное загрязнение обширной территории, на основании контроля и прогноза радиационной обстановки

устанавливается зона радиационной аварии. В зоне радиационной аварии проводится контроль радиационной обстановки и осуществляются мероприятия по снижению уровней облучения населения.

Принятие решений о мерах защиты населения в случае крупной радиационной аварии с радиоактивным загрязнением территории проводится на основании сравнения прогнозируемой дозы, предотвращаемой защитным мероприятием, и уровней загрязнения с уровнями А и Б, приведенными в таблицах 10–11.

Таблица 10 (6.3⁹) – Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде радиационной аварии

| Меры защиты | Предотвращаемая доза за первые 10 суток, мГр | | | |
|----------------------|--|-----------|---------------------------------|-----------|
| | на все тело | | щитовидная железа, легкие, кожа | |
| | уровень А | уровень Б | уровень А | уровень Б |
| Укрытие | 5 | 50 | 50 | 500 |
| Йодная профилактика: | | | | |
| | взрослые | - | - | 250* |
| дети | - | - | 100* | 1000* |
| Эвакуация | 50 | 500 | 500 | 5000 |

* Только для щитовидной железы

Таблица 11 (6.4⁹) – Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

| Меры защиты | Предотвращаемая эффективная доза, мЗв | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|
| | уровень А | уровень Б |
| Ограничение потребления загрязненных пищевых продуктов и питьевой воды | 5 за первый год | 50 за первый год |
| | 1 /год в последующие годы | 10 /год в последующие годы |
| Отселение | 50 за первый год | 500 за первый год |
| | 1000 за все время отселения | |

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, не превосходит уровень А, нет необходимости в выполнении мер защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, а также хозяйственного и социального функционирования территории.

Таблица 10 (6.5⁹) – Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных продуктов питания в первый год после возникновения аварии

| Радионуклиды | Удельная активность радионуклида в пищевых продуктах, кБк/кг | |
|---------------------------|--|-----------|
| | уровень А | уровень Б |
| (131)I, (134)Cs, (137)Cs | 1 | 10 |
| (90)Sr | 0,1 | 1,0 |
| (238)Pu, (239)Pu, (241)Am | 0,01 | 0,1 |

Если предотвращаемое защитным мероприятием облучение превосходит уровень А, но не достигает уровня Б, решение о выполнении мер защиты принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий.

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, достигает и превосходит уровень Б, необходимо выполнение соответствующих мер защиты, даже если они связаны с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории.

На поздних стадиях радиационной аварии, повлекшей за собой загрязнение обширных территорий долгоживущими радионуклидами, решения о защитных мероприятиях принимаются с учетом сложившейся радиационной обстановки и конкретных социально-экономических условий.

Тема практического занятия:

Обеспечение радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения.

Обеспечение радиационной безопасности при радиационных авариях

Цель практического занятия:

освоение компетенций врача по специальности 31.05.02 Педиатрия – *«использование современных средств поиска, анализа и интерпретации информации и информационных технологий для выполнения задач профилактической деятельности» (ОК¹² 02); «проводить санитарно-гигиеническое просвещение» (ПК¹³ 4.2.); «организовывать среду, отвечающую действующим санитарным правилам и нормам» (ПК 4.4.);*

освоение практических действий по обеспечению радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения; обеспечение радиационной безопасности при радиационных авариях.

Подготовка к практическому занятию:

1. Освоить 4 главу учебника «Гигиена: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальностям "Лечебное дело", "Педиатрия", по дисциплине "Гигиена" : в 2 т. / Пивоваров Ю. П., Королик В. В., Зиневич Л. С. ; под ред. Ю. П. Пивоварова 2-изд – Москва: Академия, 2015г.»
2. Освоить главы 5 (раздел10), 9 (раздел 2.2.) учебника «Гигиена и основы экологии человека : в 2 т. : учебник для студ. учреждений высш. мед. проф. образования / под ред. Ю. П. Пивоварова. – М.: Издательский центр «Академия», 2013».
3. Пройти тестовый контроль готовности к практическому занятию.

План проведения практического занятия

1. Вводная часть.
2. Обеспечение радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего облучения.
 - а) оформление рабочей тетради студента;
 - б) решение ситуационной задачи, предложенной преподавателем.
3. Взаимодействие в паре преподаватель – студент (обсуждение результатов практической работы студентов: рабочая тетрадь студента, решенная ситуационная задача).
4. Тестовый контроль результатов практического занятия.
5. Итоговый (балльно-рейтинговый) контроль достижения студентами целей и результатов практического занятия.

¹² Общие компетенции (ОК).

¹³ Профессиональные компетенции (ПК).

Нормативно-методические документы, необходимые для выполнения практического занятия

1. Федеральный закон №3 от 09.01.1996 (в редакции 19.07.2011) «О радиационной безопасности населения». Начало действия последней редакции с 21.10.2011. Изменения, внесенные Федеральным законом от 19.07.2011 N 248-ФЗ.
2. Санитарные правила и нормы. **СанПиН 2.6.1.2523-09** «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» Введены в действие с 01.09.2009 постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №47 от 07.07.2009. Действуют по сегодняшний день.
3. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет источников ионизирующего облучения». Введены в действие с 18.03.2011 постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №171 от 24.12.2010.
4. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)». Введен в действие с 17.09.2010 постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №40 от 26.04.2010.
5. СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)». Введен в действие с 01.01.2003 постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №33 от 23.10.2002.
6. МУ 2.6.1.1868-04 «Внедрение показателей радиационной безопасности о состоянии объектов окружающей среды, в т.ч. продовольственного сырья и пищевых продуктов, в систему социально-гигиенического мониторинга»).

Дополнительная литература

1. ВОЗ. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects> 27 июля 2023г. (обращались 10 января 2024).
2. <https://www.pnpi.nrcki.ru/radiacionnaya/osnovy-radiatsionnoj-bezopasnosti>(обращались 10 января 2024).
3. А. А. Братилова, А. Н. Барковский Медицинское облучение пациентов за счет рентгенорадиологических диагностических процедур, проведенных в 2022 г. в медицинских организациях Российской Федерации. Радиационная гигиена. Том 16, №4 (2023)
4. Дружинина П.С. с соав. Тенденция развития компьютерной томографии в России в 2011–2021. Радиационная гигиена 2023. Т2023, Т16, №3 с 101–117.
5. McColloughCH, and al. Answer to coom questions about the use and safety CT scans/ Mayo ClinProc.2015,90(10)1380-1389

ТИПОВЫЕ СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ С ЭТАЛОНАМИ ПРАВИЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Ситуационная задача № 1

В 1999 году в сельских населённых пунктах Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, была изучена загрязнённость объектов окружающей среды радиоактивным изотопом стронцием-90 (Sr-90).

В пищевых продуктах местного производства было обнаружено содержание Sr-90: в животных продуктах – 15 Бк/кг; в растительных продуктах – 65 Бк/кг; в питьевой воде 12 Бк/л. Поступление Sr-90 с атмосферным воздухом не превышало 1% и могло не учитываться. Эквивалентом годового потребления взрослым человеком животных продуктов является 300 кг молока, растительных продуктов - 300 кг картофеля. Величина суточного потребления воды равна 2 кг (л). Предел годового поступления с пищей и питьевой водой составляет $1,3 \cdot 10^4$ Бк/год.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для гигиенической оценки загрязнения радионуклидами пищевых продуктов.
2. Оцените уровень загрязнения стронцием-90 данной территории с позиции его годового поступления в организм человека посредством потребления питьевой воды и продуктов питания.
3. Укажите меры профилактики, необходимые на данной территории.

Эталон решения ситуационной задачи №1

1. Нормы радиационной безопасности – 99 СП 2.6.1.758-9; СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)».
2. *Уровень годового поступления стронция-90 значительно (в 2,53 раза) превышает допустимый предел годового поступления для данных источников, установленный для взрослого человека ($1,3 \times 10^4$ Бк/год):*
 $65 \text{ Бк/кг} \times 300 \text{ кг/год растительных продуктов} + 15 \text{ Бк/кг} \times 300 \text{ кг/год продуктов животного происхождения} + 12 \text{ Бк/л} \times 2 \text{ л/день питьевой воды} \times 365 \text{ дней} = 32760 \text{ Бк} = (3,28 \times 10^4 \text{ Бк})$
3. В качестве мер профилактики следует рекомендовать использование в данном регионе привозных продуктов питания и питьевой воды, радиоактивность которых не превышает регламентируемых величин.

Ситуационная задача № 2

Со 150 см^2 поверхности *пола* помещения для постоянного пребывания персонала, работающего в лаборатории с бета-излучающими радионуклидами, произведен смыв. Радиометрическое исследование *показало радиоактивную активность* смыва, равную $3 \cdot 10^5$ частиц/миную.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для гигиенической оценки радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей
2. Определите удельную загрязнённость исследуемой поверхности и дайте гигиеническое заключение.

Эталон решения ситуационной задачи №2

1. Нормы радиационной безопасности – 99 СП 2.6.1.758-9; СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ 99/2010).
2. Удельная загрязнённость поверхности пола превышает допустимый уровень общего радиоактивного загрязнения данной поверхности бета-активными нуклидами ($2000 \text{ част./мин/см}^2$). В лаборатории она составила: $3 \cdot 10^5 : 150 = 2333 \text{ част./мин/см}^2$.

Ситуационная задача № 3

На экспертизу в лабораторию города Н. поступил образец плиты облицовочной из натурального камня. Эффективная удельная активность *образца* составила 350 Бк/кг.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки ситуации.
2. Оцените возможность использования строительного материала согласно гигиеническим нормативам

Эталон решения ситуационной задачи № 3

1. СП 2.6.1.758-99 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)" п. 5.3.4. Эффективная удельная активность (А эффективная) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.).
2. Использование представленного строительного материала возможно т.к. эффективная удельная активность плитки *меньше нормируемых* для жилых и общественных зданиях (I класс материала) *показателей* – 370 Бк/кг

Ситуационная задача № 4

В городе С. был выбран участок территорий под строительство здания жилищного назначения. Для оценки степени радиационной безопасности населения от природных источников излучения было проведено измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения. Результаты оценки показали, что мощность эквивалентной дозы гамма-излучения составила $0,25 \text{ мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки санитарно-эпидемиологической ситуации.
2. Оцените возможность использования данного участка территории под строительство здания жилищного назначения

Эталон решения ситуационной задачи № 4

1. Нормы радиационной безопасности – 99 СП 2.6.1.758-9; СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)».
2. На предлагаемом под жилищное строительство участке в городе С. мощность эквивалентной дозы гамма-излучения находится в пределах нормируемого показателя (менее $0,3 \text{ мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$).

Ситуационная задача № 5

В ночь аварии на АЭС Фукусима-Даичи наибольшие дозы облучения получили 600 человек из числа аварийного персонала. Эти люди подверглись сравнительно равномерному внешнему облучению всего тела. Из них у 134 человек средняя индивидуальная доза составила 3,4 Зв. У всех 134 ликвидаторов была диагностирована острая лучевая болезнь. У других ликвидаторов в первые дни после аварии средние индивидуальные дозы составили - 0,56 Зв, у пилотов вертолётов - 0,26 Зв, у персонала АЭС - 0,087 Зв.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки санитарно-эпидемиологической ситуации.
2. Дайте оценку полученных ликвидаторами доз облучения

Эталон решения ситуационной задачи № 5

1. Нормы радиационной безопасности – 99 СП 2.6.1.758-9; СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)».
2. У всех категорий аварийного персонала превышены эффективные дозы для персонала группы А (не более 20 мЗв в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв за год)

При переводе доз в мЗв превышение составило:

1 группа: $3400 \text{ мЗв} : 50 \text{ мЗв} = 68 \text{ раз}$;

2 группа: $560 \text{ мЗв} : 50 \text{ мЗв} = 11,2 \text{ раза}$;

3 группа: $260 \text{ мЗв} : 50 \text{ мЗв} = 5,2 \text{ раза}$;

4группа: $87 \text{ мЗв} : 50 \text{ мЗв} = 1,7$ раза.

Ситуационная задача № 6

Проведённая диспансеризация члена экипажа воздушного судна гражданской авиации показала, что эффективная доза космического облучения летчика составила 4.7 мЗв в год. При этом эквивалентная доза за год в хрусталике глаза 15мЗв в год, эквивалентная доза на коже 49 мЗв в год, на кистях и стопах составила 44 мЗв в год.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться?
2. Дайте оценку полученной дозы.

Эталон решения ситуационной задачи № 6

1. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» СанПиН 2.5.1. -18 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда и отдыха летного состава гражданской авиации"
2. Эффективная доза космического облучения экипажей воздушных судов гражданской авиации в полетах не превышает гигиенический норматив для населения – 5,0 мЗв в год.

Ситуационная задача № 7

На экспертизу в лабораторию поступил образец гравия, который предполагается использовать в пределах населённых пунктов. Эффективная удельная активность составила 400 Бк/кг.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки санитарно-эпидемиологической ситуации.
2. Оцените возможность *использования строительного* материала *согласно гигиеническим* нормативам

Эталон решения ситуационной задачи № 7

1. Для оценки ситуации необходимо руководствоваться СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» п. 5.3.4. Эффективная удельная активность (А эффективная) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.).
2. Гравия, предлагаемый к использованию, в пределах населённых пунктов использован быть не может, так как эффективная удельная активность (А эффективная) природных радионуклидов в нем выше *нормируемых показателей* (370 Бк/кг).

Ситуационная задача № 8

Определите возможность использования песка для строительства производственных помещений если содержание в нём радия-226 составляет 108 Бк/кг, тория 232–75 Бк/кг и калия 40–239 Бк/кг. Эффективная удельная активность составила 409 Бк/кг.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки санитарно-эпидемиологической ситуации.
2. Оцените возможность *использования песка для строительства*.

Эталон решения ситуационной задачи № 8

1. Для оценки ситуации необходимо руководствоваться СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» п. 5.3.4. Эффективная удельная активность (А эффективная) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.).
2. Эффективная удельная активность в образце естественных радиоактивных нуклидов природного происхождения (радий (Ra-226), торий (Th-232) и калий (K-40), содержащихся в песке определяется по формуле: $A_{эфф} = A_{Ra} + 1.31 A_{Th} + 0.085 A_{K}$, где A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} - удельные активности радия, тория и калия соответственно, Бк/кг.

$$A_{эфф} = 108 \text{ Бк/кг} + 1.31 \times 75 \text{ Бк/кг} + 0.085 \times 239 \text{ Бк/кг} = 409.4 \text{ Бк/кг.}$$

Таким образом эффективная удельная активность в образце песка составила 409 Бк/кг, что не превышает гигиенические нормативы (370 Бк/кг) и его можно использования для строительства производственных помещений.

Ситуационная задача № 9

Проведённые замеры показали, что в течении последних 5 лет имеет место хроническое облучение населения в отдельных районах, прилегающих к АЭС Фукусима. Годовая поглощенная доза (Гр): гонады – 0,01; хрусталик глаза – 0,02; красный костный мозг – 0,007.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки ситуации.
2. Дайте гигиеническую оценку радиационного излучения и предложения по защитным мероприятиям.

Эталон решения ситуационной задачи № 9

1. СП 2.6.1.758–99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ–99)» Гл. VI. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.

2. В соответствии с нормами радиационной безопасности отсутствует превышение годовой поглощённой дозы (гонады – 0,2 Гр; хрусталик глаза – 0,1 Гр; красный костный мозг – 0,4 Гр.), которое может проявиться серьезными детерминированными эффектами, что не требует проводить обязательные защитные мероприятия.

Ситуационная задача № 10

Оценка предотвращаемой эффективной дозы после радиационной аварии на АЭС Фукусима в первые год после аварии показала, что предотвращаемая эффективная доза составляет 41 мЗв в год.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться для оценки санитарно-эпидемиологической ситуации.
2. Укажите критерии для принятия решений. Какие меры защиты необходимо предпринять.

Эталон решения ситуационной задачи № 10

1. СП 2.6.1.758–99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» Гл. VI. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.
2. Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, не превосходит уровень А, нет необходимости в выполнении мер защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения. В представленной ситуации предотвращаемая эффективная доза составляет 41 мЗв в год, не превосходит уровень А и не требует отселения.

Ситуационная задача № 11

В рамках производственного контроля за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований обеспечения радиационной безопасности в «N-ой» АЭС проводится учение оперативного штаба по отработке действий случае возникновения аварии.

«Размер аварии» позволяет предположить, что в течение 40 часов уровни поглощенной дозы составят для всего тела 1,5 Гр, для легких – 5 Гр, для кожи – 4 Гр; щитовидной железы – 6 Гр, гонад – 4 Гр.

Оперативный штаб предлагает продолжить наблюдение за ситуацией, расчеты прогнозируемой поглощенной дозы и принять соответствующие решения в течение 24 часов.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться прогнозируемой ситуации.
2. Дайте оценку ситуации и действий оперативного штаба.

Эталон решения ситуационной задачи № 11

1. СП 2.6.1.758–99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» Гл. VI. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной

аварии.

2. Прогнозируемые уровни облучения всего тела и отдельных органов в соответствии с нормами радиационной безопасности требует срочного вмешательства, что и должно быть отражено в решениях оперативного штаба: укрытие, йодная профилактика и эвакуация населения.

Ситуационная задача № 12

В рамках производственного контроля за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований обеспечения радиационной безопасности в «N-ой» АЭС проводится учение оперативного штаба по отработке действий случае возникновения аварии.

«Размер аварии» позволяет предположить, что в течение первых 10 суток уровни предотвращаемой дозы составят для всего тела до 5 мГр, для легких, кожи и щитовидной железы – до 50 мГр.

Оперативный штаб предлагает продолжить наблюдение за ситуацией, и начать, не нарушая естественную жизнедеятельность людей, эвакуацию населения.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться прогнозируемой ситуации.
2. Дайте оценку ситуации и действий оперативного штаба.

Эталон решения ситуационной задачи № 12

1. СП 2.6.1.758–99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» Гл. VI. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.
2. Прогнозируемые уровни облучения всего тела и отдельных органов в соответствии с нормами радиационной безопасности требует срочного вмешательства: укрытие и эвакуацию населения.

Ситуационная задача № 13

В рамках производственного контроля за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований обеспечения радиационной безопасности в «N-ой» АЭС проводится учение оперативного штаба по отработке действий случае возникновения аварии.

«Размер аварии» позволяет предположить, что в течение первых 10 суток уровни предотвращаемой дозы составят для щитовидной железы у взрослых до 250 мГр и до 100 мГр – у детей.

Оперативный штаб предлагает продолжить наблюдение за ситуацией, и начать, не нарушая естественную жизнедеятельность людей, эвакуацию населения.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться прогнозируемой ситуации.
2. Дайте оценку ситуации и действий оперативного штаба.

Эталон решения ситуационной задачи № 13

1. СП 2.6.1.758–99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» Гл. VI. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.
2. Прогнозируемые уровни облучения всего тела и отдельных органов в соответствии с нормами радиационной безопасности требует срочного вмешательства: укрытие, йодную профилактику и эвакуацию взрослых и детей.

Ситуационная задача № 14

В рамках производственного контроля за соблюдением санитарно-эпидемиологических требований обеспечения радиационной безопасности в «N-ой» АЭС проводится учение оперативного штаба по отработке действий случае возникновения аварии.

«Размер аварии» позволяет предположить, что доза облучения составит не менее 30 мЗв в месяц и через 3 месяца сократится до 10 мЗв в месяц.

Оперативный штаб предлагает продолжить наблюдение за ситуацией, с целью решения о конкретных действиях по защите населения.

Задание

1. Укажите каким нормативно-правовым документом необходимо руководствоваться прогнозируемой ситуации.
2. Дайте оценку ситуации и действий оперативного штаба.

Эталон решения ситуационной задачи № 14

1. СП 2.6.1.758–99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» Гл. VI. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.
2. Прогнозируемые уровни облучения в соответствии с нормами радиационной безопасности требует начать временное отселение населения предположительно на три месяца.

Приложение

Рабочая тетрадь студента

Острая лучевая болезнь (ОЛБ)

Острая лучевая болезнь – наиболее типичный пример радиационного поражения человека, развивается при облучении в дозе свыше 1 Гр. При дозе менее 1 Гр может возникнуть острая лучевая травма, сопровождающаяся небольшой лейкопенией и тромбоцитопенией без признаков заболевания.

Выделяют 4 основные формы ОЛБ

1. Косно-мозговая, доза облучения составляет 1-10Гр,
2. Кишечная, доза облучения составляет 10-20Гр,
3. Токсическая, доза облучения составляет 20-80Гр,
4. Церебральная, доза облучения более 80 Гр

По степени тяжести, костномозговую форму ОЛБ подразделяют

I степень - лёгкая (1–2 Гр)

II степень - средней тяжести

III степень - тяжёлая

IV степень - крайне тяжёлая

В течении ОЛБ выделяют 3 периода

1. Период формирования,
2. Период восстановления
3. Период исходов и последствий

Период формирования включает 4 фазы: первичная острая реакция, фаза мнимого благополучия или латентная, разгар болезни, раннее восстановление.

1. *Фаза первичной острой реакции.* В первые минуты и часы после облучения могут появиться следующие симптомы: тошнота, рвота, потеря аппетита, сухость во рту, головная боль, головокружение, слабость, сонливость. Наибольшее диагностическое и прогностическое значение среди указанных признаков имеет диспептический синдром (время появления и выраженности тошноты и рвоты)

При высокой степени тяжести (III–IV) возможно развитие шокоподобного состояния с падением артериального давления, кратковременная потеря сознания, субфебрильная температура, понос. На участках кожи, подвергшихся облучению в дозах 6–10 Гр, возникает преходящая гиперемия по типу загара.

В периферической крови отмечают: нейтрофильный лейкоцитоз со сдвигом влево, абсолютная и относительная лимфопения.

Изменения в костном мозге наиболее заметны на 2-3 сутки: уменьшение общего числа миелокариоцитов, снижение митотического индекса, исчезновение молодых форм клеток. Продолжительность фазы - 1–3 дня.

2. Латентная фаза или фаза мнимого благополучия

Самочувствие больного улучшается, ослабевают симптомы первичной реакции. Может сохраняться неспецифическая неврологическая симптоматика, снижение аппетита, потливость, лабильность пульса и артериального давления. Начинается выпадение волос на участках кожи, облучённых в эпиляционной дозе.

Поражения кожи вновь проявляются на 8–15 день. На поражённых участках появляется болезненная отечность, развивается интенсивная и стойкая краснота с багрово-синюшным оттенком. При дозах облучения около 6 Гр эти симптомы держаться в течении недели, а затем исчезают, оставляя пигментацию и шелушение. При дозах облучения 8 Гр и более, на поражённых участках кожи появляются пузыри и изъязвления, которые длительно не заживают.

В периферической крови отмечается: выраженная лимфопения, лейкопения. На 15 день возможен абортный гранулоцитоз с последующим падением лейкоцитов до минимума. Тромбоцитопения.

В костном мозге выражена аплазия, однако со 2–3 дня появляются признаки регенерации. Отмечается подавление ранних стадий сперматогенеза, может наблюдаться выпадения цикла месячных.

Показатели степени тяжести ОЛБ в латентной фазе.

| Показатели | Степень тяжести ОЛБ | | | |
|---|---------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | I (1-2 Гр) | II (2-4 Гр) | III (4-6 Гр) | IV (6-10 Гр) |
| Лимфоциты, *10 ⁹ /л | 1,6-0,6 | 0,5-0,3 | 0,2-0,1 | 0,1 |
| *10 ⁹ /л | 4,0-3,0 | 2,9-2,0 | 1,9-0,5 | 0,5 |
| Эпиляция, время нач. | Не выражена | На 12-20 сутки | На 10-20 сутки | На 7-10 сутки |
| Продолжительность Латентной фазы (сут.) | 30 | 15-25 | 8-17 | Нет или до 6 суток |

Продолжительность латентной фазы – 14- 30 суток, При IV степени тяжести эта фаза может отсутствовать.

3. Фаза разгара болезни

О переходе в эту фазу болезни судят по развитию агранулоцитоза (уменьшение количества лейкоцитов ниже 1*10⁹ /л). Самочувствие больных ухудшается, повышается температура, увеличивается СОЭ, появляется резкая слабость, головная боль, головокружение, нарушается сон. Возобновляются и усугубляются желудочно-кишечные расстройства: усиливается рвота, извращается или исчезает аппетит, развивается понос со слизистыми или кровянистыми выделениями, что приводит к обезвоживанию и потере массы тела. Ведущими в клинической картине являются 2 синдрома:

1) Геморрагический – кровоизлияние в кожу, слизистые оболочки, желудочно-кишечный тракт, мозг, сердце, лёгкие;

2) Инфекционный, вызванный как присоединением как экзогенной инфекции, так и активацией собственной микрофлоры. На слизистых оболочках возникают язвенно-некротические образования, которые осложняются некротическими процессами- язвенным гингивитом, стоматитом, эзофагитом, гастроэнтеритом, некротической ангиной, продолжается выпадение волос, начавшееся в латентной фазе.

В фазу разгара в периферической крови происходят следующие изменения: агранулоцитоз (менее 1,0*10⁹ /л), абсолютная лимфопения, относительный лимфоцитоз, тромбоцитопения (менее 1,0*10⁹ /л), прогрессирующая анемия.

Таблица Показатели степени тяжести ОЛБ в фазе разгара болезни

| Показатели | Степень тяжести ОЛБ | | | |
|------------------------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|
| | I (1-2 Гр) | II (2-4 Гр) | III (4-6 Гр) | IV (6-10 Гр) |
| Тромбоциты, *10 ⁹ /л | 100-60 | 50-30 | 30 | 20 |
| Лейкоциты, *10 ⁹ /л | 3,0-1,5 | 1,5-0,5 | 0,5-0,1 | Ниже 0,5 |
| Начало агранулоцитоза | Нет | 20-30 сут | 8-20 сут | 6-8 сут. |
| Начала тромбоцитопении | 25-28 сут | 17-24 сут | 10-16 сут | До 10 сут |
| СОЭ, мм/ч | 10-25 | 25-40 | 40-80 | 60-80 |

В костном мозге и лимфоузлах выражены признаки регенерации, за исключением крайне тяжёлых степеней поражения.

Средняя продолжительность фазы - 1,5–2 недели

4. Фаза раннего восстановления

Самочувствие улучшается, появляется аппетит, восстанавливается сон. Температура нормализуется. Прекращается кровоточивость, исчезают или ослабевают диспептические явления. Однако отдельные проявления поражения остаются, например, прогрессирующая эпиляция.

Происходит постепенное восстановление показателей периферической крови. Средняя продолжительность фазы раннего восстановления - 2–2,5 мес.

В результате аварии на ЧАЭС возникла своеобразная форма ОЛБ, вызванная сочетанием общего относительно равномерного гамма- облучения всего тела с бетта-облучением обширных участков кожного покрова и частично с ингаляционным поступлением смеси радионуклидов (в основном, радиоактивного йода и цезия). Из персонала ЧАЭС, работавшего на станции в момент аварии и участников ликвидации её последствий пострадало 237 человек, при этом диагноз «острая лучевая болезнь» был подтверждён в 134 случаях. Распределение по степени тяжести было следующим: I 1 случай дискутируется, все пострадавшие выжили

Хроническая лучевая болезнь (ХЛБ)

Хроническая лучевая болезнь представляет из себя клинический синдром, формирующийся медленно, постепенно, при длительном воздействии на организм ионизирующего излучения, разовые и суммарные дозы которого превышают принятые предельно допустимые для профессионального облучения.

Выделяют два варианта ХЛБ:

1.С развёрнутым клиническим синдромом, возникновение которого обусловлено действием общего облучения;

2.С клиническим синдромом преимущественного поражения отдельных органов и систем от внутреннего и внешнего облучения или внешнего облучения (местные лучевые поражения).

ХЛБ, обусловленная общим облучением, может развиваться:

- При равномерном внешнем облучении у лиц, занятых промышленными и медицинскими гамма- и рентгеновскими исследованиями, работающих возле ускорителей, реакторов, на предприятиях ядерного топливного цикла;
- При инкорпорации равномерно распределяющихся в организме изотопов (например, тритий, цезий-137, углерод-14). Данный вариант ХЛБ развивается при достижении определённого уровня доз (суммарная доза 0.7–1 Зв, интенсивность излучения 1-5 мЗв в день). Характеризуются постепенным развитием и длительным волнообразным течением.

Ткани, имеющие большой резерв активно размножающихся малодифференцированных клеток (эпителий кишечника, кроветворная ткань, сперматогенный эпителий), длительно сохраняют возможность морфологического восстановления. В высокоспециализированных системах (нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной) процессы клеточного обновления идут слабо, они отвечают на хроническое лучевое воздействие комплексом функциональных сдвигов.

В течении заболевания выделяют: доклинический, формирования, восстановительный, исходных и последствий периоды.

Доклинический период характеризуется нарушением нервной регуляции различных органов и систем, носящим адаптивный характер. Поэтому ранние проявления болезни сводят к функциональным нарушениям организма, нестойким, обратимым, поддающимся лечению. Сюда относятся нестойкая лейкопения, проявление признаков астенизации, вегетативно-сосудистая неустойчивость.

Лица с подобными проявлениями, развившимися в результате контакта с ионизирующими излучениями, не могут быть отнесены к больным ХЛБ, однако они нуждаются в систематическом врачебном наблюдении.

Период формирования связан с возрастанием интенсивности лучевой нагрузки и накоплением определённой суммарной дозы облучения.

В данном периоде, в зависимости от клинического течения, выделяют три степени тяжести ХЛБ. Эти степени тяжести по существу фазы развития единого патологического процесса и при продолжающемся облучении сменяют друг друга.

ХЛБ лёгкой (I) степени представляет собой период обратимых реакций организма, Клиническая картина заболевания складывается из вегетативно-сосудистых нарушений, начальных астенических проявлений и умеренных нестойких изменений клеточного состава периферической крови.

Больные жалуются на общую слабость, повышенную утомляемость, снижение работоспособности, головные боли, ухудшение аппетита, бессонницу, Начальные астенические проявления сочетаются с симптомами нарушения гемодинамики (преимущественно в коже, конечностях, головном мозге). Недостаточность церебрального кровообращения проявляется в двух синдромах в зависимости от тонуса сосудов мозга. Для лиц со сниженным тонусом характерны приступообразные головные боли, чаще связанные с физическими и эмоциональными перегрузками, перепадом температуры и давления.

Отмечается лабильность артериального давления с колебаниями от пониженных до умеренно повышенных цифр.

Со стороны желудочно-кишечного тракта наблюдаются функциональные нарушения: диспептические явления, дискинезии кишечника и желчевыводящих путей, возможны функциональные нарушения секреторной функции желудка.

В периферической крови возможно развитие умеренной лейкопении, реже тромбоцитопении. Число эритроцитов чаще не изменяется. Изменения со стороны крови носят нестойкий характер, с колебаниями показателей до нормальных цифр и нормализацией картины крови после проведённого лечения.

ХЛБ средней (II) степени тяжести характеризуется углублением функциональных нарушений со стороны нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной систем, выраженным и стойким угнетением кроветворения, усиливаются головные боли и головокружения. Могут проявиться трофические изменения кожи и её придатков: сухость кожи, выпадение волос, ломкость ногтей.

Наблюдается более выраженные изменения со стороны сердечно-сосудистой системы. Артериальное давление стойко снижается, преимущественно за счет диастолического, что указывает на падение сосудистого тонуса. Отмечается приглушение тонов и расширение границ сердца

Со стороны желудочно-кишечного тракта наблюдаются нарастание диспептических явлений, выраженное нарушение ферментативной деятельности желудка, кишечника, поджелудочной железы

Отмечаются функциональные нарушения со стороны эндокринных органов.

Снижение функции коры надпочечников проявляется в стойкой артериальной гипотензии, вялости, адинамии, снижение содержания 17кетотестероидов в моче.

Может наблюдаться нарушение овариально-менструального цикла у женщин. Выраженные и стойкие изменения наблюдаются в системе крови. Число лейкоцитов в периферической крови

Снижается до $3,0-2,0 \cdot 10^9$ /л и ниже. Лейкопения носит стойкий характер с абсолютной нейтропенией и лимфопенией. Выражены токсическая зернистость и дегенеративные изменения нейтрофилов. Развивается более или менее выраженная тромбоцитопения. При исследовании пунктата костного мозга обнаруживается гипопластическое его состояние.

ХЛБ тяжёлой (III) степени тяжести характеризуется тяжёлыми необратимыми изменениями в организме, В относительно радиорезистентных органах (стенка сосудов, мышца сердца, нервная система) развиваются микроструктурные дистрофические изменения. На первый план в картине заболеваемости выступают тяжёлые изменения со стороны нервной системы, геморрагический синдром, глубокое угнетение кроветворения.

Прогрессирует ухудшение общего состояния, отмечается резкая слабость и адинамия. Резко выражены трофические изменения кожи, выпадение волос, ломкость ногтей. Больные жалуются на отдышку, сердцебиение, боль в области сердца, Границы сердца расширены, тоны глухие.

Артериальное давление стойко понижено.

В желудочно-кишечном тракте развиваются атрофические процессы, Аппетит резко понижен живот вздут. Печень увеличена, путём функциональных проб выявляется снижение её функции.

Отмечаются глубокие нарушения в эндокринной системе, главным образом в надпочечниках, щитовидной железе, половых железах.

В периферической крови происходит резкое снижение количества лейкоцитов с абсолютной нейтропенией и лимфопенией, возможен относительный лимфоцитоз при резком падении числа нейтрофилов. Резко снижается количество тромбоцитов. В более поздние сроки развивается анемия. В пунктате костного мозга отмечается резкое обеднение его клеточными элементами, вплоть до картины панмиелофтиоза.

Глубокое угнетение кроветворения ведёт к резкому ослаблению сопротивляемости организма и развитию инфекционных осложнений.

Тромбоцитопения в сочетании с явлениями патологической проницаемости сосудистой стенки и нарушениями в свёртывающей системе крови ведут к развитию геморрагического синдрома.

Восстановительный период начинается по прекращению интенсивного лучевого воздействия или при значительном снижении уровней облучения до предельно допустимых доз и характеризуется сглаживанием деструктивных и преобладанием репаративных процессов в наиболее радиочувствительных тканях.

В период исходов и последствий наблюдается сочетание остаточных повреждений и новой, более или менее совершенной функциональной организации, которая носит приспособительный характер.

В качестве отдалённых исходов ХЛБ нужно учитывать возможность развития лейкозов, злокачественных новообразований, гипопластической анемии.

Местные лучевые поражения

Данный вариант ХЛБ может развиваться:

- При инкорпорации избирательно распределяющихся в организме радионуклидов
- При локальном внешнем облучении, которое возможно при ручных манипуляциях с источниками ионизирующего излучения либо как осложнение в процессе лучевого лечения.

Для местных лучевых поражений характерны следующие особенности:

- преимущественно местное повреждающее действие ионизирующих излучений с преобладанием прямых эффектов над общими рефлекторными реакциями,
- наличие длительного скрытого периода, когда постепенное формирование процесса в критическом органе протекает без отчётливых клинических признаков его поражения,
- большая выраженность приспособительных механизмов в следствие преимущественно локального поражения одного или нескольких критических органов. Критический орган – это орган или структура, накапливающие основную часть дозы облучения и за счёт этого определяющие исход поражения.

Из книги А. К. Гуськовой с соавт. (2011) «Авария Чернобыльской атомной станции (1986–2011 гг.): последствия для здоровья, размышления врача»

“Одной из центральных проблем в лечении пострадавших при аварии ЧАЭС стали лучевые поражения кожи и слизистых.

Всего поражения кожи были зарегистрированы у 56 больных и позднее обнаружены ещё у нескольких человек, без общих проявлений лучевой болезни при выполнении некоторых специальных манипуляций в аварийной зоне.

Отмечалось несколько необычная эволюция клинических проявлений с наличием повторных вспышек эритемы в сроки, достигавшие иногда нескольких недель от момента аварии. Весьма разнообразной была и локализация. Наиболее часто поражались в раннем периоде кисти рук, лицо, шея, позднее выявлялись поражения на груди, спине, голени, бёдрах.

Сроки появления и локализация отражали многообразие источников излучений: дистанционное, контакт с загрязнёнными предметами, одеждой, аппликация на коже осадков различной плотности и дисперсности в те или иные сроки после возникновения аварии).

Подобная сложность характеристики была обусловлена соотношением поверхности тела с источниками излучения, спектральным составом выброса и количественной его характеристикой.

В 19 случаях поражения кожи в различные сроки явились непосредственной причиной смерти пациентов.

Одним из проявлений локального эффекта облучения являлись поражения глаза, в первую очередь его хрусталика. Частота изменений отдельных структур глаза и окологлазничной области в ранние и поздние сроки зависело не только от дозы, но и от спектра энергии излучения.

Поражение глаз выявлялись у больных с II–IV степенью тяжести острой лучевой болезни ОЛБ (средняя доза гамма-облучения более 2 Гр). При дозе, не превышающей 1 Гр, изменений глаз отмечено не было. При лёгкой форме ОЛБ имели место кратковременные сосудистые расстройства в области конъюнктивы век и слизистой кожи век в первые 2–4 суток.

У больных ОЛБ II–III степени наблюдалась эритема кожи век в первые 6–12 часов от момента воздействия и повторные волны эритемы в сроки около 3 недель. Изменения исчезали, как правило бесследно или с наличием слабо выраженной гиперпигментации.

Орофарингеальный синдром - острый лучевой мукозит наблюдался у 80 больных ОЛБ. Наиболее лёгкие его проявления (I–II степени) характеризовались десквамацией и отёком слизистой оболочки в области щёк, языка и разрыхленностью дёсен и наблюдались с 8-9 и по 20-25 суток. Основными симптомами более тяжёлого (III–IV степени) орофарингеального симптома (ОФС были эрозии и язвы на слизистой оболочки рта, резкая боль, большое количество резиноподобной слизи, иногда забивающей преддверия гортани и нарушающие дыхание.

Первые симптомы появлялись на 3–4 сутки, достигали максимума к 10 суткам и претерпевали обратное развитие после 18–290 суток ещё на фоне агранулоцитоза.»¹⁴

¹⁴ А.К. Гуськова, И.А. Галстян, И.А. Гусев. “Авария Чернобыльской атомной станции (1986–2011 гг.): последствия для здоровья, размышления врача“ Москва, 2011

Учебно-методическое издание

**Обеспечение радиационной безопасности
при работе с радиоактивными веществами
и источниками ионизирующего излучения.**

**Обеспечение радиационной безопасности
при радиационных авариях**

Учебно-методическое пособие для студентов
под ред. члена-корр. РАН В. Р. Кучмы.

Директор издательства

Дизайн обложки

Выпускающий редактор

Редактор

Подготовка оригинал-макета Н. Н. Демина

Тираж ___ экз.



Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
Первый Московский государственный медицинский
университет
имени И. М. Сеченова

ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ имени Ф. Ф.
Эрисмана
Кафедра гигиены детей и подростков

ГИГИЕНА

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОДЫ ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

УЧЕБНОЕ-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

под редакцией
члена-корреспондента РАН В. Р. Кучмы

Москва
2024

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЕ
«ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И. М. СЕЧЕНОВА» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГИГИЕНА

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОДЫ ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

УЧЕБНОЕ-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

под редакцией
члена-корреспондента РАН В. Р. Кучмы

Москва
2024

УДК [613-053.2+613-053.6] (075.5) (проверить)

ББК 51.2я73-5

Г46

Рецензенты:

Синицына О.О. – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе – директор Института комплексных проблем гигиены ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

Милушкина О.Ю. – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой гигиены ФГАОУ ВО «Национальный медицинский исследовательский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России.

Авторы:

Макарова А.Ю., Кучма В. Р.

Г46 Гигиеническая оценка загрязнителей воды. Выбор источников водоснабжения. Методы улучшения качества питьевой воды: учебно-методическое пособие для студентов / под ред. члена-корр. РАН В.Р. Кучмы. – М.: ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 2024. – 28 с. – DOI: _____

ISBN _____

В пособии изложены значение загрязнителей воды, гигиенические подходы к выбору источника водоснабжения, мероприятия по водоподготовке с целью улучшения качества питьевой воды, специальные методы обработки воды, вопросы профилактики неблагоприятного воздействия загрязнений водных объектов на здоровье человека.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 31.00.00 Клиническая медицина, специализации 31.05.02 Педиатрия.

Утверждено на заседании учебно-методической конференции кафедры гигиены детей и подростков Института общественного здоровья имени Ф.Ф. Эрисмана Сеченовского университета Минздрава России 16 февраля 2024 г. (протокол № 6).

УДК [613-053.2+613-053.6] (075.5)

ББК 51.2я73-5

© Коллектив авторов, 2023

© ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана»

Роспотребнадзора

© ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И.М. Сеченова»

Минздрава России

ISBN _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 4 |
| Классификация источников водоснабжения | 5 |
| Гигиеническая характеристика источников водоснабжения | 7 |
| Гигиеническое значение загрязнителей воды..... | 11 |
| Гигиенические основы выбора источников водоснабжения..... | 15 |
| Методы очистки воды..... | 19 |
| Цель практического занятия | 33 |
| Подготовка к практическому занятию | 33 |
| План проведения практического занятия | 34 |
| Приложение | |
| <i>Рабочая тетрадь студента</i> | |

ВВЕДЕНИЕ

Основной проблемой гигиены водоснабжения является обеспечение населения доброкачественной водой, а также повышения качества воды водоисточников.

Продолжающаяся концентрация населения в городах, резкое увеличение промышленных, транспортных и сельскохозяйственных, антропогенных выбросов приводят к ухудшению качества воды, появлению в водоисточниках, ранее им не свойственных загрязнителей.

Основными источниками загрязнения являются атмосферные воды, ливневые стоки, хозяйственно-бытовые сточные воды, промышленные стоки, химические аэрозоли и пылевые частицы. Характер загрязнения определяет методы обработки воды.

КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Воды различного происхождения и залегания имеют характерные физические свойства и химический состав.

Воды подразделяются на:

- поверхностные (водохранилища, реки, озера)
- подземные (артезианские, напорные воды, безнапорные воды, колодцы, родники, ключи, скважины, шахтные колодцы);
- межпластовые (напорные и безнапорные);
- метеорные (подземные воды атмосферного происхождения, незащищенные водоупорной кровлей).

Для **поверхностных вод** характерны низкая минерализация, большое количество взвешенных веществ; эти воды часто загрязняются сточными водами, для них характерны высокий уровень микробного загрязнения, цветение, изменение качества воды в зависимости от сезона.

Бактериальное загрязнение открытых водоисточников происходит за счет сброса в них недостаточно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод (фекальных, кухонных, банно-прачечных), смыва во время весенних паводков, ливней сельскохозяйственных и фекальных загрязнений, а также прямого загрязнения воды экскрементами больных людей или животных.

Питание открытых водоемов происходит в основном за счет атмосферных осадков, а поэтому и химический состав, и бактериологическая обсемененность их непостоянны и зависят от гидрометеорологических условий. Расход воды меняется в зависимости от времени года и метеорологических условий. Интенсивное техногенное загрязнение поверхностных вод в результате сброса промышленных стоков, судоходства и от других причин изменяет рН воды, который в норме обычно лежит в диапазоне 6,5-8,5.

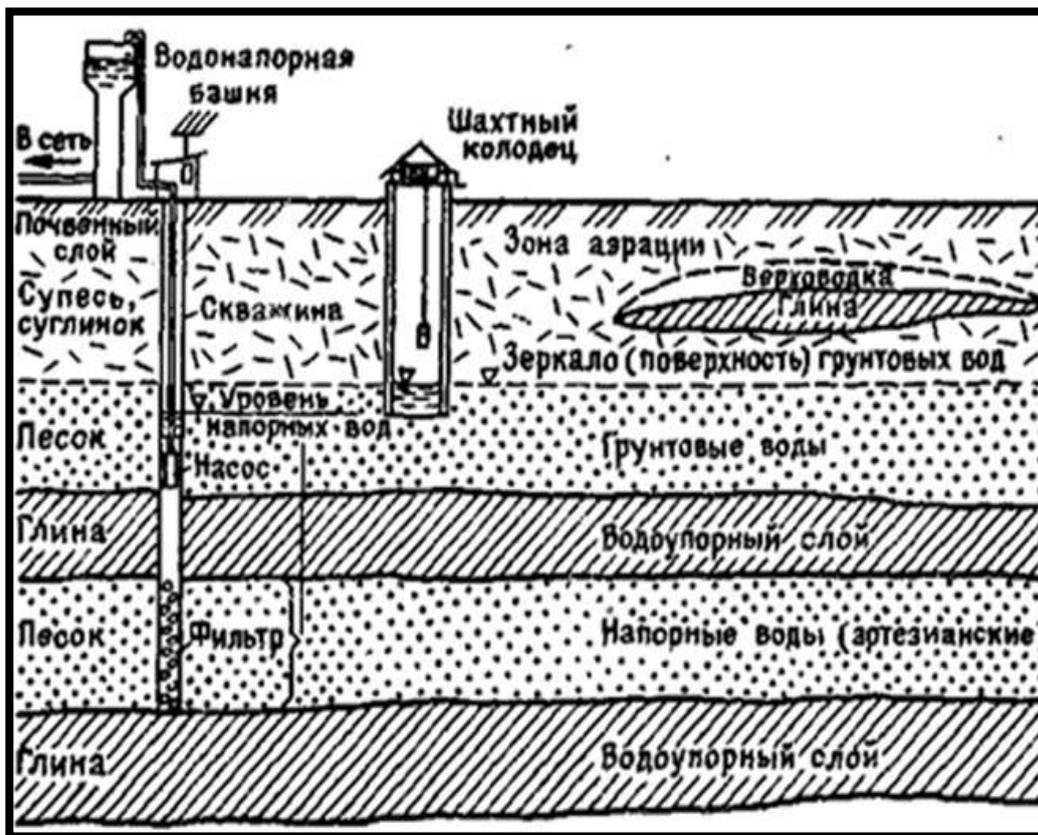
Для **подземных грунтовых вод** характерна прозрачность, невысокая цветность, низкой минерализацией (количество растворенных солей невелико). Вода, залегающая начиная с глубины 5-6 м почти не содержит микроорганизмов. Вода подземных источников чаще всего прозрачна и бесцветна.

Межпластовые воды залегают между двумя водоупорными пластами почвы. В зависимости от условий залегания они могут быть напорными и безнапорными. Если пространство между ложем залегания воды и верхним пластом не полностью занято водой, то это *безнапорные воды*. Если же это пространство заполнено и вода находится под напором, то такие воды

называются *межпластовыми напорными*, или артезианскими. Межпластовые напорные воды наиболее защищены, но запасы вод в них ограничены.

Межпластовые воды изолированы от атмосферных осадков и поверхностных грунтовых вод водонепроницаемой «кровлей», как правило, имеют низкое бактериальное загрязнение и относительно постоянный химический состав. Однако встречаются подземные воды с избытком солей: очень жесткие, соленые, горько-соленые, богатые фтором, железом, сероводородом, аммиаком или радиоактивными веществами (стронций).

Общая схема залегания подземных вод



В районах, где недостаточно поверхностных вод, а подземные воды сильно минерализованы или недоступны, в качестве источника водоснабжения используются **атмосферные воды (дождевые осадки, снег)**. Основной особенностью атмосферных вод является бедность солевого и микроэлементного состава, что определяет их «физиологическую неполноценность».

Предпочтительнее в качестве источника водоснабжения использовать подземный водоисточник, т.к. поверхностные водоемы могут сильно загрязняться.

Качество воды, подаваемой населению, во многом зависит от вида водоисточника (поверхностный, подземный) и его санитарного состояния. Вода централизованного водоснабжения имеет более высокие показатели качества, по сравнению с водой из источников местного водоснабжения (колодцы, каптажи, родники).

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время из общего количества воды, подаваемой в города и поселки, около 84% берется из поверхностных источников.

Вода для хозяйственно-бытовых надобностей (приготовления пищи, умывания, стирки белья) не должна содержать ядовитых веществ и бактерий, но в отношении прозрачности и цвета требования могут быть снижены. Вода для технических целей должна быть по возможности мягкой и прозрачной.

Воды *поверхностных источников*, которые часто используются для целей купания, водоснабжения, питьевых целей в походных условиях обычно полностью не отвечают этим требованиям. Проточные поверхностные воды (реки, ручьи) часто содержат значительное количество песка, ила, глины и других примесей, делающих ее мутной. В стоячих непроточных водоемах (озера, пруды, болота) вода иногда бывает более или менее прозрачна, но почти всегда имеет зеленоватую или желтоватую окраску; вода прудов часто загрязнена в микробиологическом отношении.

К неблагоприятным свойствам воды в *водохранилищах* – высокая мутность, наличие примесей, окраски, добавляется чрезмерное развитие одноклеточных водорослей – так называемое цветение, способное в значительной мере ухудшить органолептические свойства воды.

Отмеченные особенности состава и свойств воды поверхностных источников не позволяют использовать ее для питьевого водоснабжения в природном виде и требуют предварительной обработки с целью осветления и обеззараживания для обеспечения безопасности для питьевых целей.

Подземные источники в силу своего преимущества - защищенность воды от внешнего загрязнения, безопасность в эпидемиологическом

отношении, постоянство качества и дебита воды - широко используются для водоснабжения сельских населенных мест, поселков городского типа, малых и реже средних городов. *Качество воды из таких источников обычно высокое, так как она проходит естественную фильтрацию через грунт и породы.* Однако, подземные источники также могут быть подвержены загрязнению от промышленных и сельскохозяйственных деятельности, а также от сбросов сточных вод.

Состав подземных вод зависит от характера почв и глубины залегания водоупорного горизонта. Межпластовые воды богаты солями, жесткие, так как фильтруясь через почву, обогащаются углекислотой, которая выщелачивает из почвы катионы Ca^{+2} и Mg^{+2} . В то же время гидрохимический состав подземных вод не всегда оптимален. Подземные воды могут содержать избыточные количество солей, тяжелых металлов (бора, бария, бериллия, стронция, железа, марганца и др.), а также микроэлементов – фтора. Кроме того, эти воды могут быть радиоактивны. Вода из подземных источников также требует обработки и контроля качества.

Колодцы и скважины являются частными источниками водоснабжения, которые обычно используются для индивидуальных домов и участков. Качество воды из таких источников может варьироваться в зависимости от геологических условий и близости к возможным источникам загрязнения. Для этих источников водоснабжения сохраняется возможность высокого загрязнения фекальными и сточными водами вследствие наличия выгребных туалетов и сельскохозяйственной деятельности человека (применение удобрений, наличие ферм). Для этих источников проводятся регулярные анализы воды из колодцев и скважин, чтобы обеспечить ее безопасность.

Вода *болот* является совершенно непригодной ни для питьевых целей человека, а также для поения животных, т.к. эта вода значительно загрязнена веществами органического характера, микроорганизмами и гельминтами, подвержена процессам гниения, цветения.

В безводных районах для водоснабжения используются *атмосферные воды* (дождевые осадки, снег). В атмосферной воде содержатся органические вещества, минеральная пыль, микроорганизмы, попадающие из атмосферного воздуха. Снеговая вода нередко бывает плохого качества, так как снег сильно загрязняется. Из-за бедности минерального состава и «физиологической

неполноценности» перед употреблением атмосферные воды должны подвергаться очистке и обеззараживанию.

Природный источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечить получение необходимого количества воды с учетом роста численности населения и водопотребления, с учетом бесперебойности снабжения водой, не нарушая сложившийся гидрологический режим водоема;

- давать воду, отвечающую гигиеническим требованиям при экономически выгодной системе очистки;

- иметь условия для организации зон санитарной охраны (ЗСО).

С целью создания условий, наиболее благоприятных для организации зоны санитарной охраны, водозаборные сооружения следует располагать по течению реки выше населенного пункта, обслуживаемого данным водопроводом, и в таком месте, чтобы на качество воды не оказывали влияния другие населенные пункты, а также талые и дождевые воды, удаляемые с территории населенного места.

Гигиенические требования при искусственном восполнении подземных вод заключаются в организации зоны санитарной охраны поверхностного водного объекта, из которого производится восполнение, в предварительной очистке воды перед подачей в инфильтрационные бассейны путем отстаивания и фильтрации, а также в обеззараживании перед подачей потребителю. Расстояние от инфильтрационных бассейнов до фронта водозабора при водоносном пласте из мелких песков должно быть не менее 50 м, для средних и крупных песков и галечников – 100-200 м.

В полевых (походных) условиях часто возникает необходимость выбора источника водоснабжения. При выборе источника и оценке качества воды в нём важное значение имеет **местный осмотр водоисточника (санитарное обследование на месте)**. Местный осмотр позволяет выявить возможные источники загрязнения воды, установить насколько они постоянны, наметить пути к пресечению дальнейшего загрязнения, определить мощность источника, является важной составляющей, предшествующей лабораторному анализу воды. В военной гигиене (в полевых условиях) местный осмотр часто является единственно возможным способом оценки воды (приложение 1).

Кроме мутности и цвета вода может иметь запах, привкус и большое количество бактерий, в том числе и болезнетворных. На наличие в

водоисточнике болезнетворных бактерий могут указывать инфекционные заболевания среди местных жителей этого района (холера, брюшной тиф, дизентерия), а также среди домашних животных (бруцеллез, сибирская язва), пользовавшихся водой данного источника.

Вода может приобретать запах от разложений (гниения) растений и трупов животных, а также при заражении воды отравляющими веществами и ядами.

Вода, имеющая запах гнили и разложения или отравляющих веществ, для использования без специальной обработки непригодна; слабый болотный запах, исходящий от водорослей, не служит препятствием к использованию воды для хозяйственно-бытовых нужд (стирка белья, баня), а в некоторых случаях и для приготовления пищи.

Появление в воде загрязнителей, не характерных для нее соединений или повышение концентрации солей указывает на их постороннее происхождение и дает основание подозревать возможность образования этих солей за счет животных отбросов, промышленных сточных вод и т.д.

Источники питьевого водоснабжения могут существенно отличаться по качеству, их гигиеническая оценка осуществляется по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания").

Выбор источника водоснабжения для населенного пункта производится на основе следующих данных:

- при подземном источнике - анализ качества воды, гидрогеологической характеристики, санитарной характеристики местности, существующих и потенциальных источников загрязнения, балансового запаса подземных вод;
- при поверхностном источнике - наличие анализов качества воды, гидрологических данных, расходов воды, санитарной характеристики бассейна, развития промышленности, наличия источников бытового, промышленного и сельскохозяйственного загрязнения.

В крупных городах имеются комбинированные системы водоснабжения с использованием подземных и поверхностных вод.

В селах, рабочих поселках и небольших городах при устройстве водопровода обычно используются подземные воды: артезианские, грунтовые и родники. Использование подземных водоисточников для централизованного

водоснабжения имеет ряд существенных гигиенических преимуществ перед использованием поверхностных источников. К важнейшим из них относятся защищенность воды от внешнего загрязнения, безопасность в эпидемиологическом отношении, постоянство качества и дебита воды. Обычно подземные воды не нуждаются в осветлении, обесцвечивании и обеззараживании.

В тех местностях, где доброкачественные подземные воды отсутствуют или их недостаточно, для хозяйственно-питьевого водоснабжения забирают воду из открытого поверхностного источника. Место забора воды выбирают выше населенного пункта и в таком месте, где водоем менее всего загрязняется. Если берег сложен из фильтрующих пород, то воду забирают не прямо из водоема, а из вырытых на некотором расстоянии от берега колодцев. Сюда поступает профильтрованная через грунт, значительно очищенная вода из водоема.

Водопроводная вода, подаваемая населению из поверхностных (реки, водохранилища, озера, каналы) и, реже, из подземных источников (скважины), обязательно подвергается предварительной обработке - очистка, обеззараживание, иногда применяются дополнительные методы улучшения качества воды.

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОДЫ

Качество воды различных источников (поверхностные, подземные) может быть подвержено влиянию различных факторов, таких как загрязнение от промышленных и сельскохозяйственных стоков, а также отходов от бытовой деятельности.

Наличие в воде взвешенных, растворенных веществ – это не только признак возможного загрязнения, но и – отражение процессов самоочищения водоема. Водоём – это живая система, где обитают растения, специфические организмы, в том числе и микроорганизмы, которые постоянно размножаются и отмирают, что обеспечивает самоочищение водоемов.

В воде водоёма происходят процессы разбавления, растворения и перемешивания поступающих загрязнений, осаждение в воде нерастворимых осадков, в том числе и микроорганизмов. При этом - понижение температуры воды сдерживает процесс самоочищения, а ультрафиолетовое излучение и повышение температуры воды ускоряет этот процесс.

Температурный фактор рассматривается и как показатель санитарного состояния водоисточника. Высокая температура воды в колодце летом и низкая зимой говорит о поверхностном расположении подземной воды, а, следовательно, о большой опасности ее загрязнения извне. Повышенная температура воды содействует размножению сапрофитов. Если вода предназначена для питья, то температура ее должна быть по возможности постоянной. Постоянство температуры воды в водоеме указывает на отсутствие притока в него поверхностных, обычно загрязненных, вод. Большие колебания температуры колодезной воды определенно указывает на то, что слой подземной воды, которым питается колодец, лежит поверхностно, подвергается резкому влиянию времени года и легко доступен для загрязнения.

Подземные воды из глубоких слоёв почвы наиболее равномерно сохраняют температуру в течение года, такая вода обычно бывает доброкачественной по вкусу, прозрачности, отсутствия патогенных микроорганизмов.

Санитарный режим водоема характеризуется, прежде всего, количеством растворенного в нем кислорода. Его должно быть не менее 4 мг/л в любой период года.

В водоёме постоянно происходят процессы окисления. Следует различать окисление в результате процессов самоочищения водоёма, то есть процессов разбавления, растворения, деятельности микроорганизмов и организмов (амёб, водорослей, плесневых и дрожжевых грибов, моллюсков, планктона, рыб) водоёма и – окисления в результате загрязнения водоемов органическими химическими загрязнителями.

Процессы окисления присутствующих в воде растительных остатков отражает показатель окисляемости. Окисляемость оценивается преимущественно в воде речного происхождения. Показатель окисляемости даёт представление о содержании органических веществ в воде. Например, повышенная окисляемость при высокой цветности обусловлена присутствием в воде гумусовых веществ. Показатель окисляемости может быть повышен при наличии в воде соединений железа и марганца, которые сравнительно легко окисляются. Для гигиенической оценки окисляемости необходимо знать причины её изменения.

Показателем окисления органических и неорганических веществ является биохимическая потребность кислорода (БПК). По показателю БПК также дают как оценку процессам самоочищения водоема, так и превышение БПК может

указывать на наличие в воде загрязняющих веществ - углеводов, смол, фенолов.

Самоочищение загрязненной воды сопровождается улучшением ее органолептических свойств и освобождением от патогенных микроорганизмов. Скорость самоочищения зависит от степени загрязнения воды, сезонов года. При небольшом загрязнении вода в основном самоочищается за 3-4 суток. Отрицательное влияние на процесс самоочищения оказывает загрязнение водоема химическими веществами (азот, фосфор), ароматическими углеводородами и нефтепродуктами. Самоочищение воды от нефти растягивается на длительное время (месяцы, а на реках с малым током даже на годы).

Гигиеническая оценка присутствия в воде различных загрязнителей, влияющих на органолептические, химические свойства, представлена ниже.

Гигиеническая оценка загрязнителей

| Показатель | Гигиеническое значение |
|---|---|
| Цвет: | Маскирует загрязнение, подозрительная в эпидемиологическом отношении |
| Желтоватый | Болотистые воды, содержащие гуминовые кислоты (разложение растительных остатков) |
| Черная/ Черно-коричневая несмываемая пленка | Содержит большое количество гуминовых веществ/ Содержит марганец (спутник железа) |
| Опаловидная (молочная) | Загрязнение глиной (дожди) |
| Зеленоватая | Содержит коллоидные соединения железа |
| Оттенок зеленый | Содержит кальций двууглекислый |
| Красно-коричневая | Содержит железо (выше 0,3 мг/л) в виде гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, органических комплексных соединений или в виде высокодисперсной взвеси |
| Запах: | Свидетельствует о загрязнении органическими веществами, подозрительная в эпидемиологическом отношении |
| Землистый | Разложение почвы, цветение водоёма |
| Рыбный | Загрязнение органическими веществами животного происхождения, микроорганизмами |
| Аптечный, фенольный | Загрязнение промышленными сточными водами |
| Сероводород | Загрязнение микробное, стоки из уборных |
| Вкус: | Свидетельствует о наличии в воде органических веществ |
| Вяжущий, металлический | Содержит ядовитые вещества, металлы |
| Горький | Содержит хлористые, сернокислые, магниезальные соли более 100 мг/л |
| Солёный | Содержит соль, ощущается начиная с 300 мг/л и более |
| Хлорный | Содержит активный хлор более 1-2 мг/л (после |

| | |
|-------------------------------------|--|
| | обеззараживания, часто в полевых условиях или в условиях ЧС) |
| Вяжущий | Содержит медь |
| Неприятный | Содержит марганец, вкус не изменяется даже если приготовить из такой воды напиток |
| Температура: | Изменяющаяся и непостоянна свидетельствует о возможном загрязнении |
| Повышенная летом и пониженная зимой | Поверхностное расположение грунтовых вод (потенциальная возможность загрязнения) |
| Постоянная | Чистая вода, без посторонних примесей и притоков других вод |
| Мутность: | Свидетельствует о вирусном загрязнении (вирусы сцеплены с частичками мутности), цветении водоёма |
| Мутность+ железо | Свидетельствует о загрязнении химическими веществами |
| Окисляемость: | Показатель окисляемости может быть повышен при наличии в воде соединений железа и марганца , которые сравнительно легко окисляются. |
| Окисляемость+цветность | обусловлена присутствием в воде гумусовых веществ |
| Перманганатная окисляемость: | Характеризует меру наличия в воде органических (бензин, керосин, фенолы, пестициды, гербициды, ксилолы, бензол, толуол) и окисляемых неорганических веществ (соли железа двухвалентного, нитриты, сероводород). |
| Хлориды: | Говорит об опасном загрязнении воды продуктами жизнедеятельности человека (экскременты, моча, стоки из пищеблоков и кухонь). Или воды залегают на солончаковых почвах |
| Хлориды+аммоний | Загрязнение мочой |
| Сернокислые соли: | могут быть признаком загрязнения воды животными отбросами (сера является составной частью белковых тел); обладает слабительным действием (при превышении сульфатов более 500 мг/л) |
| Соли фосфорной кислоты: | Загрязнение мочой и фекалиями, промышленными стоками или разложение органических веществ, поступающих из почвы (в чистых водах эти соли не встречаются, т.к. быстро ассимилируются почвой) |
| Аммиак: | являются начальным продуктом гнилостного разложения, а потому его присутствие в воде говорит о свежем загрязнении и возможном присутствии патогенных микроорганизмов . Иногда соли аммония встречаются в чистых, преимущественно подземных водах, как результат восстановления селитры, содержащейся в почве. |
| Нитриты: | давность загрязнения водоисточника , так как для их образования необходимо время. самые стойкие формы патогенных микробов еще могут сохраняться. |
| Нитраты: | давний срок загрязнения источника или говорит о завершении процессов минерализации |

| | |
|--|--|
| Аммиак+ нитриты | Неблагополучие водоисточника, наличие загрязнения |
| Аммиак+ нитраты | делает воду недоброкачественной, так как говорит о давности и постоянстве загрязнения |
| Нитриты+ Нитраты, аммония нет | загрязнение источника не происходит, но оно еще не ликвидировано |
| Аммиак+ Нитраты, нитраты, окисляемость | Загрязнение воды органическими веществами животного происхождения |

Показателем поступления в воду органических загрязнений может служить увеличение содержания по сравнению с результатами предыдущих анализов за сезон хлоридов, аммиака, нитратов, нитритов и окисляемости.

Аммиак является начальным продуктом разложения органических азотсодержащих веществ. Поэтому определение его в воде расценивается как показатель свежего загрязнения воды органическими веществами животного происхождения (вода опасная в эпидемическом отношении).

Нитриты представляют собой продукты окисления аммиака под влиянием микроорганизмов (процесс нитрификации).

Нитраты – конечные продукты минерализации органических азотсодержащих веществ. Повышенное содержание нитратов в воде указывает на загрязнение водорастворимых минеральных удобрений (например, селитры).

Одновременное нахождение в воде аммиака, нитратов, нитритов – свидетельство незавершенности минерализации и продолжающееся загрязнение воды (опасна в эпидемическом отношении).

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

С гигиенических позиций при **выборе источника и оценка пригодности для питьевого водоснабжения** предпочтение отдается в убывающем порядке следующим источникам:

- 1) межпластовые напорные (артезианские) воды;
- 2) межпластовые безнапорные воды;
- 3) грунтовые воды, искусственно наполняемые, и подрусовые подземные воды;
- 4) поверхностные воды (реки, водохранилища, озера).

Для выбора и оценки качества источников водоснабжения используется ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические требования и правила выбора». За

объект стандартизации в этом ГОСТе взяты источники водоснабжения, которые разделены на три класса. Класс источника зависит от того, где она залегает (поверхностные и подземные воды), показателей качества воды по органолептическим показателям (цветность, мутность, запах), наличия в воде солей железа, марганца, фторидов, микробиологического загрязнения (таблица 1). Для каждого из трех классов необходима соответствующая система обработки воды.

При выборе источника водоснабжения имеет значение степень его загрязнения.

В зависимости от качества воды и требуемой степени обработки для доведения ее до показателей, соответствующих качеству питьевой воды, водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, делят на 3 класса¹ (таблица 1).

Таблица 1.

Класс источника в зависимости от вида и наличия загрязнителей

| Показатель | Единица измерения | Класс источника | | |
|---|---------------------|-----------------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| <i>Подземные воды</i> | | | | |
| Мутность | мг/л | ≤1,5 | ≤1,5 | ≤10 |
| Цветность | градусы | ≤20 | ≤20 | ≤50 |
| Водородный показатель | | 6-9 | 6-9 | 6-9 |
| Окисляемость перманганатная | мгО ₂ /л | ≤2 | ≤5 | ≤15 |
| Железо | мг/л | ≤0,3 | ≤10 | ≤20 |
| Марганец | мг/л | ≤0,1 | ≤1 | ≤2 |
| Фтор | мг/л | 1,5-0,7 | 1,5-0,7 | ≤5 |
| Число бактерий группы кишечных палочек в 1 л | шт. | ≤3 | ≤100 | ≤1000 |
| Сероводород (H₂S) | мг/л | отсутствие | ≤3 | ≤10 |
| <i>Поверхностные воды</i> | | | | |
| Мутность | мг/л | ≤20 | ≤1500 | ≤10000 |
| Цветность | градусы | ≤35 | ≤120 | ≤200 |
| Запах | балл | ≤2 | ≤3 | ≤4 |
| Водородный показатель | | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| Железо | мг/л | ≤1 | ≤3 | ≤5 |
| Марганец | мг/л | ≤0,1 | ≤1,0 | ≤2,0 |
| Окисляемость перманганатная | мгО ₂ /л | ≤7 | ≤15 | ≤20 |
| БПК | мгО ₂ /л | ≤3 | ≤5 | ≤7 |
| Число лактозоположительных | шт. | ≤1000 | ≤10000 | ≤50000 |

¹ ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические правила выбора»

| | | | | |
|--|------|----|----|-----|
| кишечных палочек (ЛКП) в 1 л воды | | | | |
| Фитопланктон (одноклеточные в 1 мл воды) | мг/л | ≤1 | ≤5 | ≤50 |

В источнике водоснабжения нормируется также предельное бактериологическое загрязнение, поскольку дальнейшая водоподготовка воды с хорошими бактериологическими показателями возможна только, когда бактериальное загрязнение водоисточника до очистки и обеззараживания не превышает определенных пределов согласно табл. 1.

Кроме этого, вода водоисточника должна соответствовать нормам *радиационной безопасности*.

Минеральный состав воды пресноводных, подземных и поверхностных источников водоснабжения должен соответствовать следующим требованиям:

- сухой остаток - не более 1000 мг/л,
- концентрации хлоридов и сульфатов - не более 350 и 500 мг/л соответственно,
- общая жесткость - не более 7 мг-экв/л,
- концентрации химических веществ не должны превышать ПДК.

При обнаружении в воде источников водоснабжения химических веществ, относящихся к I и II классам опасности с одинаковым лимитирующим показателем вредности, сумма отношений концентраций каждого из веществ к ПДК не должна превышать единицу:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} < 1, \quad [K_B]$$

где $C_{1,2,3,n}$ - фактическая концентрация вещества;

$\text{ПДК}_{1,2,3,n}$ - предельно допустимые концентрации веществ.

Оценка неблагополучия водоисточников централизованного водоснабжения также проводится по этой же формуле – таким образом, рассчитывается **показатель суммарного химического загрязнения воды** (K_B).

Для оценки качества воды в месте предполагаемого анализируют результаты исследования проб воды. По результатам выполненных анализов определяют пригодность выбранного водного объекта для использования в качестве источника питьевого водоснабжения и его класс. Как правило, к 1-му классу относятся маломутные и малоцветные воды, ко 2-му – источники с непостоянным качеством воды, которое проявляется в колебаниях сухого остатка

и требует профилактического обеззараживания, к 3-му классу относятся воды высокомутные и высокоцветные, бактериально загрязнённые.

Для каждого класса источников ГОСТ 2761-84 определены методы обработки, которые необходимо применять для доведения воды до питьевого качества (см. табл. 2).

При наличии *нескольких источников* и равной возможности обеспечения требуемого качества и количества воды выбор осуществляется путём технико-экономического сравнения вариантов схемы обработки воды с учётом санитарной надёжности источников.

Таблица 2.

Методы обработки воды в зависимости от её класса

| Вид источника | Класс | Характеристика качества воды | Метод обработки |
|---------------|-------|---|---|
| Подземный | 1 | Вода удовлетворяет требованиям СанПиН 1.2.3685-21 | Обработка не требуется |
| | 2 | Имеются отклонения по отдельным показателям | Аэрирование, фильтрация, обеззараживание |
| | 3 | Имеются существенные отклонения | Аэрирование, отстаивание, фильтрация, обеззараживание |
| Поверхностный | 1 | Слабое микробное и органическое загрязнение | Фильтрование с коагуляцией или без, обеззараживание |
| | 2 | Среднее загрязнение | Коагулирование, отстаивание, фильтрация, обеззараживание |
| | 3 | Сильное загрязнение, требующее дополнительных методов обработки | Как для 2 класса с применением дополнительных методов: дополнительная степень осветления, сорбция, более эффективные методы обеззараживания |

Гигиеническими критериями для использования альтернативного источника или для коррекции технологии водоподготовки являются: постоянное присутствие в воде веществ 1 и 2 классов, превышающих ПДК, связанное с загрязнением источника или с процессом очистки и обеззараживания воды.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Гигиенически рациональное организованное снабжение населения питьевой водой является фактором сохранения здоровья населения и важным условием санитарного благоустройства населенных мест.

Различают две системы коммунального водоснабжения населения: местное или *нецентрализованное и централизованное*.

Под централизованной системой питьевого водоснабжения понимается комплекс устройств и сооружений для забора, получения, хранения питьевой воды, подачи к местам расходования и открытой для общего пользования гражданами и юридическими лицами.

Вся система централизованного водоснабжения делится на две группы устройств:

- Головные водопроводные сооружения.
- Разводящая сеть труб.

Вода подземного или поверхностного источника, поступая на водопроводные сооружения, после определения класса источника требует очистки для доведения качества воды, пригодного для питьевых и хозяйственно-бытовых целей населения.

Этапы очистки воды включают:

1 – Осветление и обесцвечивание;

2 – Фильтрация

3- Обеззараживание;

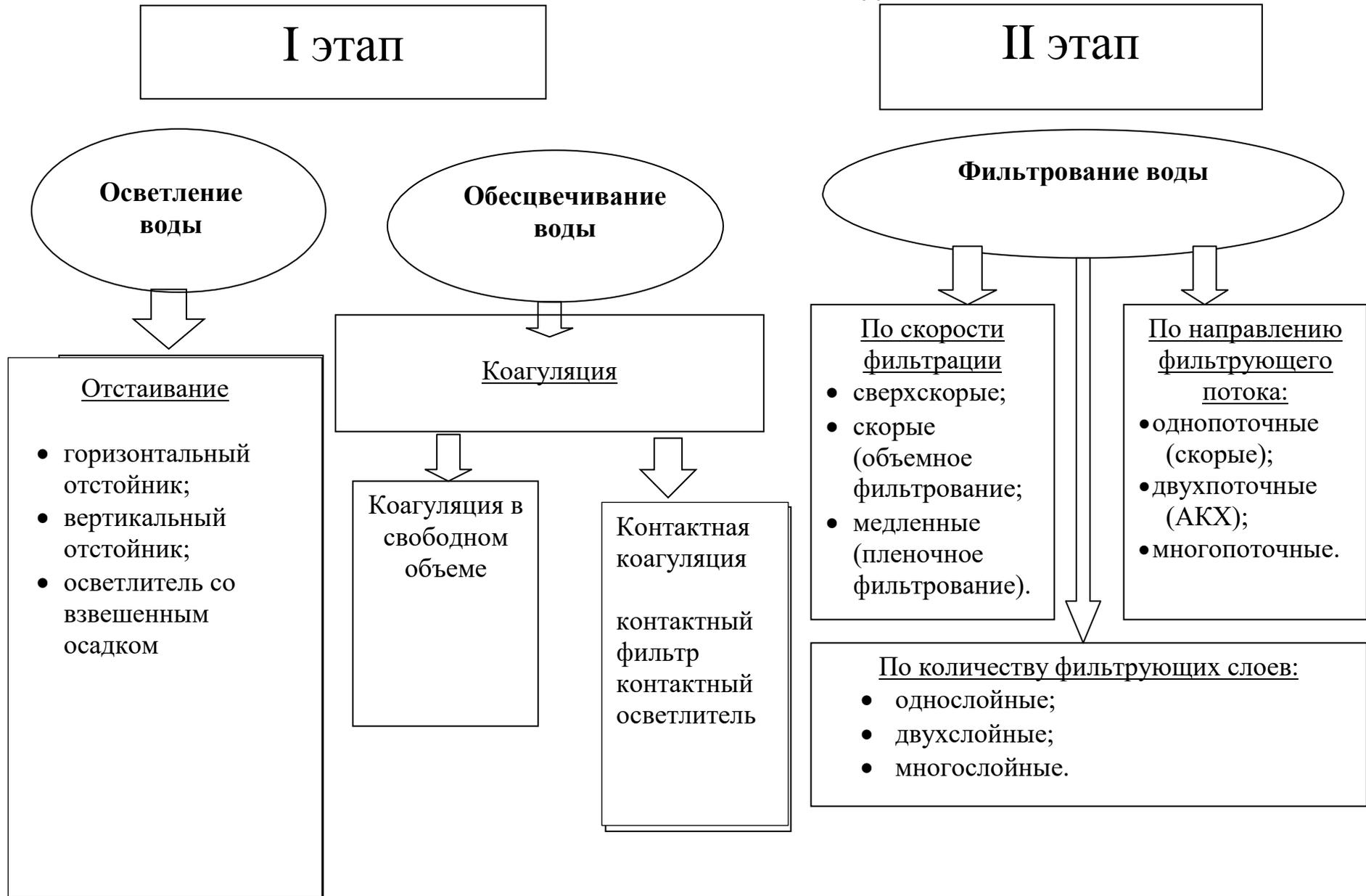
4 – Специальные методы улучшения качества воды (умягчение, опреснение, обезжелезивание, обесфторивание, фторирование, дезактивация, дегазация).

В результате мероприятий осветления и обесцвечивания, а также дезодорации воды происходит улучшение ее органолептических свойств.

В результате обеззараживания - обеспечение эпидемиологической безопасности воды.

В процессе кондиционирования воды происходит введение либо удаление различных ионов, могущих повлиять на здоровье человека – это фторирование или обесфторивание вод, содержащих недостаточное или избыточное количество фтора, обезжелезивание железистых вод, обессоливание/минерализация обессоленных и маломинерализованных вод.

ЭТАПЫ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ



III этап

Обеззараживание

Химические методы:

- озонирование;
- олигодинамическое действие серебра, меди;
- обработка йодом;
- обработка перекисью водорода;
- хлорирование
 - нормальными дозами
 - суперхлорирование
 - с преаммонизацией
 - двойное
 - постпереломными дозами
 - двуокисью хлора

Физические факторы:

- ультрафиолетовое облучение (УФО);
- гамма – облучение;
- ультразвуковое воздействие (УЗК);
- кипячение;
- импульсные электрические разряды.

Комбинированные методы:

Химические

- хлорирование + озонирование, серебро или медь;

Физические:

- УФО + УЗК, термическая обработка;

Физико-химические:

- УФО + медь, серебро, хлорирование; УЗК + хлорирование.

IV этап

Дополнительные (специальные) методы обработки

- умягчение;
- опреснение;
- обезжелезивание;
- обесфторирование;
- фторирование;
- дезактивация;
- дегазация;
- деманганация.

Как правило, вода подземных источников не нуждается в **осветлении** **обесцвечивании**, **обеззараживании**.

Вода, забранная из поверхностных источников, полностью освобождается от взвешенных частиц (мутности), делается прозрачной в процессе осветления, в ней снижается цветность до уровня не более 2 баллов (процесс обесцвечивания), а также **устраняется запах (процесс дезодорации)**.

На этапе улучшения органолептических свойств в специальных камерах и устройствах вода проходит очистку следующими способами:

- отстаивание – простой метод удаления взвешенных частиц,
- коагуляция с помощью реагентов в результате которой происходит образование коллоидного раствора гидроокиси алюминия, что позволяет сорбировать коллоидорастворенные в воде вещества – гуминовые вещества, кремнезем, бактерии, некоторые вирусы. В качестве реагентов используются *сульфат алюминия, хлорное трехвалентное железо, полиакриламид*.

На ход процесса коагуляции оказывает влияние бикарбонатная щелочность воды (устраняемая жёсткость), реакция среды (pH), температура, наличие грубодисперсных примесей, скорость перемешивания и время контакта.

Гигиеническое значение *реагентов процесса коагуляции* неоднозначно. Неправильно подобранная доза коагулянта может влиять на сам процесс: малые дозы не осветляют воды, большие дозы приводят к вторичному появлению мути в осветлённой воде, вода приобретает кисловато-вяжущий привкус (что иногда наблюдается в паводковый период).

В процессе обработки в воде могут обнаруживаться остаточные количества алюминий и железо-содержащих коагулянтов. Алюминий нормируется в водопроводной воде по санитарно-токсикологическому показателю, норматив не более 0,5 мг/л. Полиакриламид также нормируется в воде - не более 2мг/л.

На втором этапе очистки воды в процессе фильтрации происходит освобождение воды от взвешенных веществ, не задержанных на первых этапах очистки. Для процесса фильтрации используются фильтры - медленные, скорые, контактные осветлители. **На фильтрах задерживается 95-99% микроорганизмов и осуществляется высокая степень осветления воды.**

Часть бактерий и вирусов проникает через очистные сооружения и содержится в профильтрованной воде. Поэтому следующим обязательным этапом водоподготовки является её обеззараживание.

Обеззараживание питьевой воды. Методы обеззараживания воды

подразделяются на:

| Реагентные | Безреагентные |
|--|--|
| Хлорирование хлорсодержащими препаратами | Ультрафиолетовое облучение |
| Использование других галогенов (бром, йод) | Облучение гамма-излучением |
| Озонирование | Использование ультразвука |
| Электролиз | Использование импульсного электрического разряда |
| Использование перекиси водорода и перманганата калия | |
| Использование ионов тяжелых металлов (серебро) | |

К положительным моментам применения реагентных способов обеззараживания воды относится тот факт, что можно осуществлять контроль обеззараживания, к недостаткам – реагенты меняют органолептические свойства воды.

Безреагентные методы не оказывают влияния на состав и свойства обеззараживаемой воды, не ухудшают ее органолептических свойств. Они действуют непосредственно на структуру микроорганизмов, вследствие чего обладают более широким диапазоном бактерицидного действия. Для обеззараживания необходим небольшой период времени. К недостаткам безреагентных методов можно отнести невозможность осуществления контроля за обеззараживанием.

Хлорирование воды является наиболее распространённым методом обеззараживания в силу технико-экономических причин.

Преимущества хлорирования перед другими методами заключаются в:

- Надёжности бактерицидного эффекта,
- Доступности и простоте методов оперативного контроля (обнаружения остаточного хлора),
- Относительной безвредности,
- Технической простоте применения,
- Простота получения реагента в промышленных условиях.

Недостатками хлорирования являются:

- высокая токсичность газообразного хлора для окружающей среды,
- изменение органолептических свойств воды (при избыточной дозе хлора появляется запах его в воде),

- образование галогенсодержащих соединений, являющихся канцерогенными.

Факторы, влияющие на эффективность хлорирования (по С.Н. Черкинскому):

- 1) Биологические особенности микробов, их вид, исходное количество. Так, в последнее время появились хлорустойчивые возбудители болезней; спорообразующие бактерии выживают в присутствии хлора дольше, чем неспорообразующие. Бактерицидное действие хлорирования объясняется образованием в воде сильного окислителя – хлорноватистой кислоты, которая разрушает протоплазму бактерий.
- 2) Бактерицидные свойства действующих препаратов хлора (окислительно-восстановительный потенциал) разнятся. По возрастанию окислительно-восстановительного потенциала хлорсодержащие препараты располагаются в следующем порядке: хлорамины – гипохлориты кальция (натрия) – хлорная известь – газообразный хлор – двуокись хлора (ClO_2).
- 3) Состояние водной среды (рН, наличие взвешенных веществ, растворенных веществ). Так, повышение рН, уменьшении температуры вод до 4°C , наличие в воде взвешенных частиц и растворённых веществ, особенно органического происхождения снижают бактерицидный эффект хлорирования.
- 4) Условия, в которых осуществляется обеззараживание (доза хлора, время контакта, интенсивность перемешивания).

Оптимальная доза хлора, используемая для обеззараживания воды – это доза, которая удовлетворяет **хлорпотребности** и обеспечивает уровень остаточного хлора, регламентируемого санитарным законодательством.

Хлорпотребность – это тот активный хлор, который обеспечивает эффект обеззараживания (остаточный), который остался в воде после процесса хлорпоглощаемости (хлор, пошедший на взаимодействие с веществами небактерицидной природы).

Таким образом, хлорирование производится на последних этапах водоподготовки во всех случаях получения воды из поверхностных водоёмов, а также при получении воды из подземных источников, бактериологические показатели которой не удовлетворяют гигиеническим требованиям к питьевой воде.

Основными условиями действия хлора являются: тщательное освобождение воды от взвешенных веществ, достаточная доза хлора, полное и быстрое перемешивание хлора со всем объемом обеззараживаемой воды и контакт хлора с водой не менее 30-60 мин времени, необходимого для проявления бактерицидного действия. Для обеспечения надежного обеззараживания необходимо ввести его такое количество, чтобы покрыть всю хлорпоглощаемость воды и получить некоторый избыток свободного активного хлора. Об успешности хлорирования воды судят по остаточному активному хлору. Установлено, что дозы хлора в воде 1-3 мг/л обычно обеспечивают достаточный бактерицидный эффект. При таком количестве хлора обеспечивается содержание остаточного и связанного хлора, регламентируемого санитарным законодательством. Содержание остаточного свободного хлора в воде нормируется в пределах 0,3-0,5 мг/л, а остаточного связанного хлора – 0,8-1,2 мг/л. Такое хлорирование называется обычным или **нормальными дозами** с учетом хлорпотребности.

Способы хлорирования воды:

- 1) Хлорирование нормальными (подобранными по хлорпоглощаемости) дозами хлора;
- 2) Двойное хлорирование повышенными дозами хлора, при этом остаточный хлор больше 0,5 мг/л. При этом способе хлор вводится в воду дважды: первый раз в смеситель перед отстойниками и второй – после фильтров, применяется, например, в случае использования для питьевого водоснабжения речной воды с высокой бактериальной загрязненностью.
- 3) Суперхлорирование – процесс заключается в аэрации, хлорировании повышенными дозами хлора с последующим дехлорированием на угольном фильтре. Этот способ применяется в полевых условиях, в условиях военных действий, по эпидемическим показаниям, при значительном ухудшении органолептических свойств воды, при использовании неизвестного водоисточника, в экспедициях. Суперхлорирование производится дозами, в 5-10 раз превышающими хлорпоглощаемость воды.

Этот метод применяется главным образом в военно-полевой практике, когда ограничен выбор водоисточников и приходится использовать воду низкого качества. Сущность метода заключается в том, что в воду без предварительного определения ее хлорпотребности вводится

избыточное количество активного хлора с тем, чтобы иметь полную гарантию обеззараживания воды. Доза активного хлора выбирается в зависимости от физических свойств воды (мутности, цветности), характера и степени благоустройства водоисточника и эпидемической обстановки.

Суперхлорирование имеет ряд преимуществ: значительное сокращение времени хлорирования до 30 минут, упрощение его техники, так как нет необходимости определять остаточный хлор и дозу, и возможность обеззараживания воды без предварительного освобождения ее от мути и осветления. Недостатком гиперхлорирования является сильный запах хлора, но его можно устранить добавлением к воде тиосульфата натрия, активированного угля, сернистого ангидрида и других веществ (дехлорирование).

- 4) Хлорирование постепенными дозами;
- 5) Хлорирование с преаммонизацией – применяют при наличии в воде химических веществ сильно ухудшающих органолептические свойства (например, фенол) с тем, чтобы не образовалось хлорсодержащее (опасное) соединение, вводят аммиак, а затем дозу хлора. Также это способ применяется при значительной протяжённости водопровода. в воду последовательно вводят сначала аммиак, а затем хлор. Хлорирование с преаммонизацией используют с целью предотвращения появления специфических запахов в случае хлорирования воды, содержащей фенол или бензол, а также для пресечения образования канцерогенных веществ (хлороформ и др.) во время хлорирования воды при наличии в ней гуминовых и других веществ.

Несмотря на положительные стороны применения хлора для обеззараживания питьевой воды, в последние годы выявлены и отрицательные последствия хлорирования воды для здоровья населения. В результате реакции хлора с находящимися в воде гуминовыми соединениями, продуктами жизнедеятельности некоторых организмов и веществами техногенного происхождения в воде могут образовываться высокотоксичные, канцерогенные и мутагенные вещества. К ним относятся: хлороформ, бромформ, дибромхлорметан и другие.

Озонирование воды является хорошим способом обеззараживания, т.к. не меняет минеральный состав воды. Избыток озона образующийся при постоянной перегонке его через воду в течение минимум 12 минут, быстро превращается в кислород и улучшает органолептические свойства воды.

Озон является нестойким соединением. В воде он разлагается с образованием молекулярного и атомарного кислорода, с чем связана сильная окислительная способность озона. В процессе его разложения образуются свободные радикалы $\text{OH}\cdot$ и $\cdot\text{HO}_2$, обладающие выраженными окислительными свойствами. Озон имеет высокий окислительно-восстановительный потенциал, поэтому его реакция с органическими веществами, находящимися в воде, происходит более полно, чем у хлора. *Механизм обеззараживающего действия озона: являясь сильным окислителем, озон повреждает жизненно важные ферменты микроорганизмов и вызывает их гибель. Имеются предположения, что он действует как протоплазматический яд.*

Озон вследствие своей высокой окислительной способности эффективен для уничтожения фенолов, детергентов, гербицидов, пестицидов и других трудно окисляемых соединений, а также спорообразующие бактерии и вирусы.

Озонирование по сравнению с хлорированием имеет следующие основные *преимущества*:

- надежное обеззараживание достигается в течение нескольких минут, при этом озон эффективнее хлора обеззараживает воду от споровых форм бактерий и возбудителей вирусных инфекций;
- озон, а также продукты его соединения с веществами, находящимися в воде, не имеют вкуса и запаха;
- происходит обесцвечивание воды и устранение ранее имевшихся запахов различного происхождения;
- избыточный озон через несколько минут превращается в кислород, выделяющийся в атмосферный воздух, и поэтому не оказывает влияния на организм человека;
- процесс озонирования в меньшей степени, чем хлорирование зависит от рН, мутности, температуры и других свойств воды;
- производство озона на месте избавляет от необходимости доставки и хранения реагентов.

Недостатки озонирования:

- озон является взрывоопасным и токсичным реагентом,

- это более дорогой способ по сравнению с хлорированием;
- быстрое разложение в отработанной воде (за 20-30 минут) ограничивает его применение, после озонирования нередко наблюдается значительный рост микрофлоры вследствие реактивации бактерий и вторичного загрязнения.
- высокие дозы озона (20 мг/л) и длительная экспозиция (1,5-2 часа) не обеспечивают полностью эффективное обеззараживание в отношении бактериальных спор.
- при обработке воды озоном могут образовываться побочные токсичные продукты: броматы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и др. соединения. Эти продукты могут вызывать мутагенный и другие неблагоприятные эффекты.

Озонирование не оказывает отрицательного влияния на минеральный состав и рН воды. Избыток озона превращается в кислород, поэтому остаточный озон не опасен для организма и не влияет на органолептические свойства воды. Контроль за озонированием менее сложен, чем за хлорированием, так как озонирование не зависит от таких факторов, как температура, рН воды и т.д. Затрудняет применение озона изношенность труб в коммунальных хозяйствах РФ.

При химических способах обеззараживания воды используют олигодинамические действия солей тяжелых металлов (серебра, меди, золота). Олигодинамическим действием тяжелых металлов называется их способность оказывать бактерицидный эффект в течение длительного срока при крайне малых концентрациях. *Механизм действия заключается в том, что положительно заряженные ионы тяжелых металлов вступают в воде во взаимодействие с микроорганизмами, имеющими отрицательный заряд. Происходит электроадсорбция, в результате которой они проникают вглубь микробной клетки, образуя в ней альбуминаты тяжелых металлов (соединения с нуклеиновыми кислотами), в результате чего микробная клетка погибает. Данный метод обычно применяется для обеззараживания небольших количеств воды.*

Обеззараживание серебром осуществляется непосредственно путем обеспечения контакта воды с поверхностью металла или в результате растворения солей серебра в воде электролитическим способом. В случае растворения солей серебра используются ионаторы, обеспечивающие

растворение серебра под действием постоянного электрического тока. Ионаторы используют для обеззараживания воды на крупных судах. Высокую оценку воде, обработанной серебром, дали космонавты. Практика показала, что обработка бортовых запасов питьевой воды серебром обеспечивает сохранность ее органолептических и гигиенических свойств в условиях космических полетов различной продолжительности. Серебро оказалось также прекрасным консервантом минеральной воды. Поэтому на престижных предприятиях по производству безалкогольных напитков минеральную воду обеззараживают серебром. Однако несмотря на имеющуюся информацию об антимикробных свойствах серебра, широкое его внедрение в практику водоснабжения сдерживалось по различным причинам, в том числе недостаточными сведениями о его токсичности.

Ультрафиолетовое облучение воды даёт надёжный бактерицидный эффект, обеспечивая гибель бактерий и вирусов, при условии, что органолептические показатели воды соответствуют нормативам. Этот метод успешно применяется в промышленности. Недостатками являются дороговизна и необходимость тщательной подготовки воды. Наиболее разработанным и изученным в техническом отношении методом является облучение воды бактерицидными (ультрафиолетовыми) лампами. Наибольшим бактерицидным свойством обладают УФ-лучи с длиной волны 200-280 нм; максимум бактерицидного действия приходится на длину волны 254-260 нм. При обеззараживании воды УФ-лучами погибают не только вегетативные формы микробов, но и споровые, а также вирусы, яйца гельминтов, устойчивые к воздействию хлора. Применение бактерицидных ламп не всегда возможно, так как на эффект обеззараживания воды УФ-лучами влияют мутность, цветность воды, содержание в ней солей железа. Поэтому, прежде чем обеззараживать воду таким способом, ее необходимо тщательно очистить.

К физическим методам обеззараживания воды относится также использование импульсного электрического разряда, ультразвука и ионизирующего излучения.

Обеззараживание воды ультразвуком.

Бактерицидное действие ультразвука объясняется, в основном, механическим разрушением клеточной оболочки бактерий в ультразвуковом поле. При этом бактерицидный эффект связан с интенсивностью ультразвуковых колебаний и не зависит от мутности (до 50 мг/л) и цветности. Эффект

обеззараживания распространяется не только на вегетативные, но и на споровые формы микроорганизмов. Для получения необходимых для обеззараживания воды ультразвуковых колебаний используют пьезоэлектрические и магнитострикционные устройства.

Продолжительность обеззараживающего действия ультразвука длится секунды.

Гамма-облучение.

Ионизирующее излучение является мощным безреагентным фактором, действие которого приводит к гибели имеющихся в облучаемой воде болезнетворных микроорганизмов и ее обеззараживание. Первичные продукты радиолиза воды нарушают обмен веществ в бактериальной клетке.

Радиационная очистка и обеззараживание воды имеют следующие *преимущества* по сравнению с традиционными методами обработки:

- универсальность, то есть возможность обезвреживать многие органические и любые микробные загрязнители;
- высокую степень обеззараживания и очистки;
- высокую скорость обработки и возможность полной автоматизации.

Однако учитывая загрязнение водных объектов специфическими техногенными веществами и по другим причинам, практическое распространение получают комбинированные методы, когда радиационная обработка воды используется совместно с традиционными методами обеззараживания (хлорированием или озонированием).

Термическое обеззараживание воды (кипячение) применяется в основном для обеззараживания небольшого количества воды в детских учреждениях (школах, дошкольных организациях, летних лагерях), санаториях, больницах, на судах, а также в домашних условиях.

Полное обеззараживание воды (уничтожение всех видов и форм болезнетворных микроорганизмов) достигается только в результате кипячения воды в течение 5-10 минут. Однако нужно учитывать, что кипяченая вода лишена не только болезнетворных, но и сапрофитных, безвредных или даже полезных для человека микроорганизмов. В такой воде легко размножаются попавшие в нее уже после кипячения и охлаждения микроорганизмы, что приводит к быстрому ухудшению ее качества. Поэтому кипяченую воду следует сохранять в плотно закрытых емкостях в прохладном месте не более 24 часов.

Обеззараживание воды в полевых условиях представлено в приложении 2.

Специальные методы улучшения качества воды. Помимо основных методов очистки и обеззараживания воды, в некоторых случаях возникает необходимость производить специальную ее обработку. В основном эта обработка направлена на улучшение минерального состава воды и ее органолептических свойств.

Дезодорация - удаление посторонних запахов и привкусов. Необходимость проведения такой обработки обуславливается наличием в воде запахов, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов, грибов, водорослей, продуктов распада и разложения органических веществ (серосодержащие вещества). С этой целью применяются такие методы, как озонирование, углевание, хлорирование, обработка воды перманганатом калия, перекисью водорода, фторирование через сорбционные фильтры, аэрация.

Дегазация воды - удаление из нее растворенных дурно пахнущих газов. Достигается аэрацией воды, обработкой ее окислителями (озонирование, диоксида хлора и больших доз хлора), фильтрацией через слой активированного угля. Выбор методов дезодорации зависит от происхождения привкусов и запахов.

Умягчение воды - снижение природной жесткости путем удаления катионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Умягчение обеспечивается методами: нагревания (кипячения), реагентными, ионного обмена, или катионитными.

Опреснение (обессоливание) воды чаще производится при подготовке ее к промышленному использованию. Частичное опреснение воды осуществляется для снижения содержания в ней солей до тех величин, при которых воду можно использовать для питья (ниже 1000 мг/л). Опреснение достигается дистилляцией воды, которая производится в различных опреснителях (вакуумные, многоступенчатые, гелиотермические), ионитовых установках, а также электрохимическим способом и методом вымораживания. Разработаны сооружения для опреснения морских вод, способные обеспечить населенные пункты с числом жителей 100-150 тыс. человек. Установки по опреснению морской воды имеются и применяются на некоторых морских судах, включая подводные лодки.

Обезжелезивание - снижение содержания железа до нормативного уровня. Повышенная концентрация железа встречается чаще всего в глубоких подземных водах. Железо придает воде специфический металлический, чернильный привкус, делает ее мутной и цветной; удаление из воды железа производится

аэрацией с последующим отстаиванием, коагулированием, известкованием, катионированием. В настоящее время разработан метод фильтрования воды через песчаные фильтры.

Обесфторивание - освобождение природных вод от избыточного количества фтора. Это может быть в случае использования богатых фтором вод из подземных источников. С этой целью применяют метод осаждения, основанный на сорбции фтора осадком гидроокиси алюминия и других адсорбентов.

При использовании для водоснабжения населенного пункта нескольких скважин с различным содержанием фтора в ряде случаев нормализация концентрации этого элемента в водопроводной воде может быть достигнута смешиванием в оптимальных соотношениях воды из разных водоисточников.

Фторирование – введение фтора в воду. Применяется с целью профилактики кариеса. В результате проведения многолетних исследований пришли к выводу о том, что фторирование воды хозяйственно-питьевого назначения показано в эндемичных по гипофторозу местностях (биогеохимических провинциях) с низким содержанием фтора в окружающей среде только при его суммарном поступлении и организм с питьевой водой и пищевыми продуктами менее 80% минимально безопасной величине потребления. Эта величина составляет 0,5 мг/сут у детей 1-3 года, 1,0 мг/л – у детей 4-6 лет и 1,5 мг/л – у детей старше 7 лет, подростков и взрослых. Дополнительными показаниями является высокая пораженность коренного населения кариесом зубов при наличии проявлений гипофтороза.

В случае загрязнения воды радиоактивными веществами ее подвергают дезактивации, т.е. удалению радиоактивных веществ.

Дезактивация – удаление из воды радиоактивных веществ. Радиоактивность воды можно снизить в результате обычных способов ее обработки на водоочистных сооружениях. Так, коагуляция, отстаивание и фильтрация снижают содержание радиоактивных веществ в ней на 70-80%. Эффект дезактивации можно повысить за счет увеличения рН воды, применение коагулята.

Для улучшения качества воды в быту используют различные фильтрующие устройства: картриджи механической очистки и адсорбционные фильтры. Наиболее удачным адсорбентом признаны активированный уголь и активированное углеродное волокно. Также применяется карбонблок – спрессованный цилиндр из активированного угля и полиэтилена. Активированный уголь хорошо дехлорирует воду, удаляет привкусы, запахи,

уменьшает цветность и мутность воды, сорбирует до 80% железа в воде, тяжелые металлы, радон.

Тема практического занятия:

Гигиеническая оценка загрязнителей и выбор источников водоснабжения.

Методы улучшения качества питьевой воды

Цель практического занятия:

Освоение компетенций врача по специальности 31.05.02 Педиатрия² – «способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов» (УК³-8); «способен проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения» (ОПК⁴-2); «способен ... оказывать первичную медико-санитарную помощь, ...» (ОПК-6);

освоение действий по гигиенической оценке загрязнителей и выбор источников водоснабжения.

Подготовка к практическому занятию:

- 1. Освоить ГЛАВУ 2.2 учебника «Гигиена : в 2 т. : учеб. для студ. учреждений высш. мед. проф. образования: Учебник / под ред. Ю. П. Пивоварова. – М. : Издательский центр «Академия», 2013».*
- 2. Пройти тестовый контроль готовности к практическому занятию.*
- 3. Решить ситуационную задачу.*

² Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 12 августа 2020 г. N 965 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 31.05.02 Педиатрия».

³ Универсальные компетенции (УК).

⁴ Общепрофессиональные компетенции (ОПК).

План проведения практического занятия

1. Вводная часть.
2. Ознакомление с значением загрязнителей воды; правилами выбора источника водоснабжения, определения его класса; принципиальными методами улучшения качества воды / оформление рабочей тетради.
4. Взаимодействие в паре преподаватель – студент (обсуждение результатов практической работы студентов / рабочей тетради).
5. Решение ситуационной задачи.
6. Итоговый (балльно-рейтинговый) контроль достижения студентами целей и результатов практического занятия.

Нормативно-методические документы, необходимые для выполнения практического занятия

1. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»⁵.
2. ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические правила выбора»

Приложение

Рабочая тетрадь студента

⁵ https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20_obitaniya_compressed.pdf

Санитарное обследование источника в полевых условиях.

В программу санитарного обследования источника входят санитарно-эпидемиологическое, санитарно-топографическое и санитарно-техническое обследование источника водоснабжения.

При санитарно-эпидемиологическом обследовании выясняют, нет ли среди населения, пользующегося источником, заболеваний антропонозными бактериальными и вирусными инфекциями (дизентерия, брюшной тиф, паратифы, холера, гепатит А и др.) и антропозоонозными инфекциями (лептоспироз и др.), имеющих водный путь передачи.

При заражении источников воды болезнетворными микроорганизмами наибольшую опасность представляют возбудители холеры, брюшного тифа, сапа, сибирской язвы и ботулинический токсин. Споры сибирской язвы могут сохраняться в воде длительное время, в течение нескольких лет.

Во время санитарно-топографического обследования территории, окружающей водоисточник, выявляют объекты, загрязняющие почву (уборные, помойные ямы, сбросы сточных вод с промышленных предприятий, банно-прачечных комбинатов, боен, скотные дворов и т.д.), и на основе ознакомления с рельефом местности и расстоянием между этими объектами и водоисточником определяют возможность загрязнения воды.

При обследовании открытых водоемов окружающую местность изучают на значительно большем протяжении: устанавливают, откуда берет водоем свое начало, по какой местности он протекает /гористой, болотистой/, какие притоки в него впадают, какие населенные пункты находятся вокруг него, каково их санитарное состояние и как они расположены по отношению к течению воды в реке /выше, ниже/, где стоянка судов, места для купания, водопоя скота и т.д. Для подземных источников необходимо описать рельеф местности, характер почвы, наличие колодцев и скважин, условий для проникновения загрязнения из расположенного рядом возможного объекта загрязнения.

Уточнение этого вопроса производят экспериментальным путем: в выгребную яму или другой подозреваемый источник загрязнений наливают концентрированный раствор поваренной соли из расчета одно ведро на каждые 10 м расстояния от ямы до колодца; одновременно с этим и спустя каждые 3 часа производят анализ воды на содержание хлоридов в течение 1-2 суток. При наличии связи между выгребом и колодцем в воде обнаруживаемся нарастание количества хлоридов в пробах воды из колодца. Вместо поваренной соли можно воспользоваться 2% раствором флюоресцина, окрашивающим воду в слегка зеленовато-опалесцирующий цвет при наличии сообщения между изучаемыми объектами.

При санитарно-техническом обследовании выясняют вид водоисточника, происхождение воды, глубину, дебит (его производительность, мощность), соблюдение санитарных правил при устройстве и оборудовании водоисточника и способ забора воды.

Следует описать также тип и устройство самого колодца /буровой, шахтный и т.д./, обратив внимание, обложен ли сруб снаружи глиной /"глиняный замок"/, насколько он возвышается над уровнем земли, есть ли скат в сторону от колодца, имеется ли насос, крышка, общественное ведро, с какого горизонта собирается вода, какова глубина колодца, каков расход воды за сутки и каким способом добывают ее. Необходимо обследовать состояние внутренней поверхности стенок колодца в смысле наличия трещин, грязи, грибков и плесени, состояние и характер почвы непосредственно около надземной части сруба и выяснить, когда построен колодец и когда он ремонтировался в последний раз.

Заканчивается местный осмотр водоисточника забором воды для контроля её качества и безопасности. Пробу воды отбирают: для химического анализа — в чистую, сухую стеклянную бутылку, предварительно ополоснув тару 2-3 раза отбираемой водой; для бактериологического — в стерильную посуду, соблюдая все необходимые предосторожности, чтобы не внести в воду микробов с рук и воздуха.

Из колодцев и открытых водоемов пробу воды берут с глубины 0,5—1 м от поверхности. Перед взятием пробы из насоса или водопроводного крана воду откачивают или спускают в течение 10 минут, после чего обжигают кран и берут пробу.

Проводят либо полный (при первичном обследовании), либо краткий (при текущем обследовании) лабораторные анализы воды. Краткий анализ включает исследование органолептических свойств (цветность, запах, вкус), физических (температуру воды, прозрачность), химических (карбонатную жесткость, рН, щелочность, железо общее закисное, азот аммиака, нитритов и нитратов, окисляемость, сероводород - при ощущении на запах), бактериологических (микробное число, коли - индекс, реже - прямое определение болезнетворных микроорганизмов). Полный, кроме перечисленного, включает также гельминтологическое исследование, гидробиологическое исследование, определяющее характер флоры и фауны - простейших растительных и животных форм, живущих в воде, а также в иле дна и на берегах, и радиометрический анализ.

Обычно отбирают 1 л воды: 0,5 л для химического и 0,5 л для бактериологического. Для полного анализа воды с определением минерального состава требуется 2—5 л воды. Для радиометрического анализа берут воду и живущий в ней планктон, донный ил.

Кроме изложенного выше, при местном осмотре в полевых условиях путем опроса населения выясняют возможность намеренного заражения или

отравления воды. При обследовании местности, окружающей источник, выявляют места разрыва химических или бактериологических бомб или снарядов, участки почвы, зараженные стойкими отравляющими или радиоактивными веществами. Обращают особое внимание на маслянистые пленки на поверхности воды и на другие обстоятельства, говорящие о возможности отравления воды.

Если имеется возможность, то после местного осмотра отбирают пробу воды и исследуют ее при помощи полевых наборов или посылают на анализ в лабораторию.

Из отравляющих веществ основную опасность представляют высокотоксичные, химически стойкие фосфорорганические отравляющие вещества (ОВ). В условиях применения отравляющих веществ (ОВ) наиболее опасны стойкие ОВ (иприт, люизит – до нескольких суток), так как они медленнее разлагаются водою, продукты их разложения подчас также ядовиты (люизит), а дегазация отравленной воды довольно сложна. Нестойкие ОВ в большинстве случаев не отравляют воду на длительный срок, а дегазация отравленной ими воды проще.

Признаками отравления воды могут быть:

- запахи, не свойственные воде (запах горчицы или чеснока - при отравлении воды ипритом; герани - при отравлении люизитом; горького миндаля - при отравлении синильной кислотой);
- маслянистые жирные пятна вокруг водоисточников на поверхности воды или отдельные капельки на дне;
- привкус воды (горьковатый, вяжущий, металлический);
- наличие в водоеме мертвой рыбы (рыба очень чувствительна к некоторым ядам).

Некоторые ядовитые вещества не изменяют внешних свойств и вкуса воды, и их можно обнаружить в воде только путем анализа.

Осмотр растительности возле водоисточников поможет установить отравление воды по изменению окраски растений. Капельно-жидкий люизит очень быстро сообщает зеленой растительности красновато-бурую окраску. Капельно-жидкий иприт вначале задерживается на листьях в виде блестящих маслянистых капелек. Через сутки на месте попадания капель зеленая окраска растений переходит в бурую.

Кроме отравляющих веществ в водоемы могут попадать гербициды, дефолианты, компоненты ракетных топлив, другие химические токсические вещества.

Обеззараживание воды в полевых условиях. Водой из выбранного источника разрешается пользоваться только после обеззараживания хлорированием или кипячением.

В результате кипячения в течение 10 мин погибают все имеющиеся в ней микроорганизмы, а после 60 мин – споровые формы. Несмотря на высокий бактерицидный эффект, этот метод не находит широкого применения для обеззараживания больших объемов воды. Недостатком кипячения является ухудшение вкуса воды, наступающего в результате улетучивания газов, и возможность более быстрого развития микроорганизмов в кипяченой воде.

Кипятить воду можно в специальных кипяtilьниках, полевых кухнях или котелках. Добавление настоя чая или кофе улучшает органолептические свойства воды, особенно теплой.

Обеззараживание воды происходит путем обработки её реагентами: нейтральным гипохлоритом кальция, дветриосновой солью гипохлорита кальция, хлорной известью. Хлорирование воды осуществляется реагентами, содержащими активный хлор, обладающий бактерицидным действием (в войсковых условиях для обеззараживания воды используется нейтральный гипохлорит кальция (содержит 70% активного хлора) или дветриосновой солью гипохлорита кальция (до 55% активного хлора). Присутствие в воде активного хлора ускоряет процесс обеззараживания, особенно от споровых форм бактерий.

Применяют два способа хлорирования – нормальными дозами и гиперхлорирование.

Хлорирование нормальными дозами: оно проводится по тем же правилам, что и в стационарных условиях, т. е. с определением хлорпотребности воды. Хлорсодержащий препарат вводят в таком количестве, чтобы после окисления растворенных и взвешенных органических и неорганических веществ и гибели микроорганизмов в воде оставался избыток активного хлора – остаточный хлор свободный – в количестве 0,3-0,5 мг/л, а связанный – 0,8-1,2 мг/л.

В полевых условиях хлорирование нормальными дозами допускается лишь для воды, имеющей хорошие санитарные показатели.

Хлорирование с использованием больших доз хлора, т. н. перехлорирование (гиперхлорирование), по сравнению с обычным хлорированием имеет ряд преимуществ: упрощается техника хлорирования, создаётся возможность обеззараживания мутных и цветных вод, обеспечивается большая надёжность обеззараживания. К числу недостатков следует отнести изменение органолептических свойств воды (вкус и запах).

Перехлорирование большими дозами в полевых условиях имеет преимущества, т.к. сокращается время обработки воды, упрощается техника хлорирования, т.к. отпадает необходимость определять хлорпотребную дозу

хлора. При этом создается возможность обеззараживания мутных и имеющих окраску вод, а также содержащих большое число спорных микроорганизмов.

При гиперхлорировании обычно используют следующие дозы хлора (при времени контакта 10-15 минут летом и 30 минут зимой):

- для воды срубных колодцев при хороших органолептических свойствах воды - 10 мг/л активного хлора;

- при пониженной прозрачности колодезной воды, а также для воды рек и озёр – 15-20 мг/л;

- при сильном загрязнении воды любого источника, а также из источников непитьевого назначения (запруды, искусственные пруды) – 25-30 мг/л;

- в случае опасности применения бактериологического оружия – до 100 мг/л.

Обычно после перхлорирования воду дехлорируют, чтобы избавиться от неприятного запаха хлора. С помощью водоочистных установок воду можно осветлить, обесцветить и обеззаразить, а в необходимых случаях освободить от отравляющих и радиоактивных веществ.

Обеззараживание индивидуальных запасов воды.

Для обеззараживания индивидуальных запасов воды в полевых условиях используют средства инженерной службы – индивидуальное водоочистное устройство ИВУ и медицинские таблетированные препараты “Аквасепт”, “Неоаквасепт”, “Аквасан” и др.

ИВУ предназначено для очистки пресной воды от естественных, антропогенных и техногенных загрязнений, нефтепродуктов и поверхностно-активных веществ, солей тяжелых металлов, радионуклидов, бактерий и вирусов в полевых условиях. Оно представляет собой фильтр-флягу, размещаемую на поясном ремне; состоит из корпуса с горловиной и грязезащитным колпачком, крышки корпуса, сменного фильтрующего элемента, емкости для хранения очищенной воды, препарата для коагуляции и обеззараживания, чехла. Производительность – 10 л/час, время развертывания – 0,5 мин, время коагуляции и обеззараживания – 15 мин, ресурс фильтрующего элемента – до 150 л (500 л при подземном водоисточнике), масса – 0,7 кг, габаритные размеры (в см): длина-14, ширина-8, высота-28.

Таблетки «Аквасепт» растворяются в течение 10-15 мин, выделяя 4 мг активного хлора, обеспечивающего обеззараживание 700-800 мл воды при условии её контакта с препаратом в течение 30 мин. Обеззараживающий эффект “Аквасепта” снижается при обработке воды повышенной мутности и цветности. Кроме того, препарат недостаточно эффективен в отношении отдельных вирусов.

Таблетки «Неоаквасепт» растворяются в воде быстрее (2 мин при температуре 20°C), содержат 10-12% активного хлора, имеют достаточную антимикробную и антивирусную активность, обладают длительным действием и могут использоваться для консервирования воды (до 2 суток).

Таблетки «Аквасан» содержат кроме основного бактерицидного действующего вещества флокулянт, что делает их незаменимыми при обеззараживании мутной воды. В теплое время вода обеззараживается за 20 мин, в холодное – за 60 мин.

При отсутствии вышеперечисленных средств для обеззараживания небольших количеств воды могут применяться такие окислители как йод, пероксид водорода, перманганат калия. При концентрации йода 6-8 мг/л достаточное время контакта – 2 мин. Бактерицидное действие пероксида водорода (3% раствора) проявляется при концентрации 3 мг/л и экспозиции 30 мин. Перманганат калия в виде 1% раствора обладает менее выраженным бактерицидным действием, но существенно улучшает органолептические свойства воды. Эффект наблюдается при концентрации 7–10 мг/л и экспозиции не менее 30 мин.

Индивидуальные технические средства улучшения качества воды

Среди технических средств индивидуального назначения следует назвать портативный водоочиститель «Родник», представляющий собой пластмассовую трубку длиной 240 мм и диаметром 16 мм, заполненную в определенной последовательности ионообменной насыщенной йодом смолой, специальным сорбентом и фильтрами. Один конец трубки снабжен мундштуком. При эксплуатации очистителя противоположный конец погружается в воду, а через мундштук вода просасывается ртом. По мере прохождения по трубке вода очищается на фильтрах, дезинфицируется соединениями йода, избыток которого поглощается сорбентом. При этом устраняются посторонние запахи и привкусы воды.

Для обеспечения водой небольших групп людей (10–12 человек) имеется устройство «Турист-2М», ресурс которого равен приблизительно 50 л. В качестве дезинфектанта используют ампульную 5%-ю настойку йода из расчета одна ампула на 2,5 л воды. Дозированное количество воды обрабатывается в полиэтиленовом мешке и переливается во второй мешок, в нижней части которого расположен фильтр, поглощающий избыток йода и задерживающий посторонние примеси. Простота обработки воды, небольшая масса и объем устройства, доступность обеззараживающего средства, хорошее качество фильтрации и высокая производительность – преимущества, позволяющие считать «Турист-2М» средством выбора при обеспечении водой небольших групп военнослужащих: экипажей бронетанковой техники, самолетов, орудийных расчетов и т. д. Помимо названных существуют новые средства: «Бирюза», «Оникс», «Топаз-3», «БВП-1».

Опреснение воды

В полевых условиях опреснение воды может быть достигнуто методом вымораживания. Метод основан на том, что пресная вода замерзает при охлаждении до 0°С, а соленая – при более низкой температуре. Таким образом,

при отрицательной температуре ($-3-4^{\circ}\text{C}$) и ниже на поверхности соленой воды образуется корка из пресного льда.

На Крайнем Севере часто приходится использовать пресноводный лед или снег для получения питьевой воды. Их заготавливают в чистых местах. Растапливают лед и снег в полевых кухнях или в специальных котлах. Так как полученная талая вода почти не содержит минеральных солей, то при длительном употреблении рекомендуют добавлять на ведро воды 0,3—0,5 г гашеной извести и 0,1—0,2 г поваренной соли. Как правило, талую воду следует обеззараживать (кипячением или хлорированием).

ТИПОВЫЕ СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ С ЭТАЛОНАМИ ПРАВИЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Типовая задача 1

Для централизованного питьевого водоснабжения поселка С. используется подземный источник (артезианская скважина). В порядке контроля качества воды, подаваемой населению, отобрана проба воды после насосов второго подъема (протокол № 23 от 17.02.20).

Анализ воды выявил:

| Показатели | Результаты | Нормативы |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Привкус, балл | 2 | 2 |
| Мутность, мг/л | 1,6 | 1,5 |
| Цветность, градус | 20 | Не более 20 |
| Запах, балл | 2 | 2 |
| Общая жёсткость, мг экв/л | 7 | 7,0 |
| Бериллий, мг/л | 0,005 | 0,0002 |
| Ртуть, мг/л | 0,0008 | 0,0005 |
| Мышьяк, мг/л | 0,06 | 0,05 |
| Селен, мг/л | 0,01 | 0,01 |
| Колифаги, КОЕ/в 100 мл | Отс. | Отсутствие |
| Общее микробное число, в 100 мл | 20 | Не более 50 |

Задание:

- 1) Указать законодательные и нормативные документы, необходимые для анализа и оценки представленных материалов.
- 2) Выбрать из СанПиН нормативы качества воды, класс опасности и лимитирующий признак вредности для каждого показателя, включенного в анализ.
- 3) Оцените качество артезианской воды.
- 4) К какому классу относится данный водоисточник.
- 5) Какие методы улучшения качества воды применяются в этом случае?
- 6) Укажите вещества, используемые в качестве коагулянтов
- 7) Составить обоснованное заключение по устранению выявленных нарушений санитарно-эпидемиологических требований.

Ответ:

1. В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по трем показателям: бактериологическому, содержанию токсических веществ и органолептическим свойствам. В качестве гигиенических нормативов принимают предельно допустимые концентрации (ПДК) – максимально допустимые концентрации, при которых содержащиеся в воде вещества не оказывают прямого или опосредованного

влияния на организм человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенические условия водопользования. ПДК вредных веществ в водных объектах первой и второй категорий водопользования приведены санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

2. В соответствии с действующей классификацией химические вещества по степени опасности подразделяют на четыре класса: 1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й класс – высокоопасные; 3-й класс – опасные; 4-й класс – умеренно опасные.

В основу классификации положены показатели, характеризующие степень опасности для человека веществ, загрязняющих воду, в зависимости от их общей токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные побочные действия.

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1$$

3. Имеется превышение ПДК химических показателей бериллий, мышьяк, ртуть, они относятся к веществам 1-2-го класса опасности, По результатам расчета сумма отношений концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) веществ 1-го и 2-го классов опасности в водном объекте к соответствующим значениям ПДК превышает единицу, следовательно, вода не относится к 1-ой категории водопользования и не является питьевой. Концентрации остальных веществ, находящихся в воде не превышают предельно допустимых значений, за исключением показателя мутности.
4. Вода водоисточника относится ко 2-му классу.
5. Аэрирование, фильтрация, обеззараживание
6. Коагуляция воды применяется :
 - при высокой цветности
 - при наличии высокодисперстной взвесей
 - при значительной микробном загрязнении

Для осуществления осветления и обесцвечивания вода попадает в смесители, там в воду добавляют коагулянт (хлорное железо, сернокислый Al, сернокислое железо). Этот реагент заставляет невидимые глазу частицы слипаться между собой и становиться крупнее.

7. На основании вышеизложенного, руководствуясь ст.28 (п.1) и ст. 51 Федерального закона от 30.03.1999 года № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» в целях соблюдения санитарного законодательства необходимы мероприятия по улучшению качества воды и приведение к нормативными значениями показателей органолептических и химических.

Типовая задача 2

Источник, из которого направлена проба воды на лабораторное исследование, представляет собой озеро Болотное, расположенное на равнинной местности, местами заболоченной, в 1 км от которого расположен сельский населенный пункт В., численностью 750 чел. Источники загрязнения – ферма в 1 км от озера, кирпичный завод – 525 м, сланцевый завод – 750 м, кладбище – 250 м. Данные об эпидемиологической обстановке в населенном пункте, окружающем озеро, отсутствуют. Возле озера планируется устроить студенческий полевой лагерь.

Были получены анализы воды в полевых условиях:

| Показатели | Результаты | Нормативы |
|--|----------------|--------------|
| Температура, град.С | 18 | постоянная |
| Прозрачность по Снеллену | 45 | 30 |
| Цвет | 6 (желтоватый) | 10 |
| Запах, балл | 2 (землистый) | 2 |
| Нитраты, мг/л | 0,02 | Отсутствие |
| Жесткость, мг экв/л | 27 | 7 |
| Хлориды, мг/л | 300 | Не более 300 |
| Окисляемость, мгО ₂ /л | 15 | 5-7 |
| Общие колиформные бактерии, КОЕ/в 100 мл | 70 | Не более 100 |

Задание:

- 1) Оцените водоисточник с точки зрения возможного загрязнения. На каком расстоянии от озера возможно устройство лагеря?*
- 2) Оцените качество воды озера на соответствие к качеству питьевой воды. О чем свидетельствует повышение прозрачности воды, её окраска, общей жёсткости, окисляемости?*
- 3) Дайте рекомендации, направленные на улучшение качества воды (в полевых условиях).*
- 4) Дайте оценку возможности использования источника для питьевых и хозяйственных целей лагеря.*

Ответ:

1. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к

обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» полевые лагеря следует располагать на расстоянии не менее 500 м от населенных пунктов, не ближе 100 м от линий электропередачи, автомагистралей, железнодорожных путей и не менее чем на 500 м выше по течению водоемов относительно источников загрязнения.

Для расположения лагеря и мест стоянок по маршруту передвижения должна быть выбрана сухая, незаболоченная, незатопляемая талыми, дождевыми и паводковыми водами территория. Туристский лагерь должен быть расположен вблизи источника водообеспечения. Туристический лагерь должен быть обеспечен водой, отвечающей требованиям безопасности к питьевой воде. В качестве источника загрязнения озера является кладбище, кирпичный завод, а также ферма и сланцевый заводы (расположены дальше 500 м), т.к. местность заболоченная и возможно проникновение грунтовых вод в непроточную систему озера. Лагерь необходимо устроить дальше от источников загрязнения, на расстоянии не менее, чем 500 м от них.

Представленные анализы воды, полученные в полевых условиях свидетельствуют, что вода озера непригодна для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения лагеря: повышение прозрачности воды говорит о ее загрязнении вследствие близости возможных источников загрязнения озера, а также наличии гуминовых веществ (болотистая местность), её желтоватая окраска свидетельствует о болотистых водах, содержащие гуминовые кислоты, а значит повышенных процессах окисляемости, общей жёсткости – наличии в воде солей жесткости (возможно вследствие близости кирпичного завода), окисляемости – наличие органических или гумусовых веществ в воде. Наличие в воде нитратов – свидетельство давнего загрязнения (возможно от фермы). Землистый запах, нарушение прозрачности, температура выше 14 градусов С, повышенная окисляемость, содержание нитратов – делает воду подозрительной в эпидемиологическом отношении и свидетельствует об опасности также химического загрязнения. В качестве источника могут быть использованы существующие источники централизованного водоснабжения населенных мест, источники нецентрализованного водоснабжения (артскважины, каптажи, колодцы, родники и другие источники), а также питьевая вода, доставляемая специализированным транспортом, имеющим санитарный паспорт.

2. В условиях полевого лагеря при отсутствии альтернативного источника необходимо улучшать качество воды озера хлорированием и кипячением (медицинскими

таблетированными препараты “Аквасепт”, “Неоаквасепт”, “Аквасан”).

3. Источник озеро Болотное для питьевых целей непригоден. При отсутствии источника питьевого водоснабжения во время похода необходимо привозная питьевая вода или питьевая вода промышленного производства, расфасованная в емкости (бутилированная).

Типовая задача 3

Источник, из которого направлена проба воды на лабораторное исследование, представляет собой озеро Мышиное, расположенное на равнинной местности, местами заболоченной, в 1 км от которого расположен сельский населенный пункт В., численностью 750 чел. Источники загрязнения – ферма в 1 км от озера, завод переработки ароматических углеводов – 525 м, сланцевый завод – 750 м, кладбище – 250 м. Данные об эпидемиологической обстановке в населенном пункте, окружающем озеро, отсутствуют. Возле озера планируется устроить студенческий полевой лагерь.

Были получены анализы воды в полевых условиях:

| Показатели | Результаты | Нормативы |
|--|-----------------|--------------|
| Температура, град.С | 18 | постоянная |
| Прозрачность по Снеллену | 45 | 30 |
| Цвет | 8 (зеленоватый) | 10 |
| Запах, балл | 3 (фенольный) | 2 |
| Нитриты, мг/л | 2,2 | Отсутствие |
| Жесткость, мг экв/л | 16,6 | 7 |
| Перманганатная Окисляемость, мгО ₂ /л | 8 | 5 |
| Окисляемость, мгО ₂ /л | 15 | 5-7 |
| Общие колиформные бактерии, КОЕ/в 100 мл | 70 | Не более 100 |

Задание:

- 1) *Оцените водоисточник с точки зрения возможного загрязнения. На каком расстоянии от озера возможно устройство лагеря?*
- 2) *Оцените качество воды озера на соответствие к качеству питьевой воды. О чем свидетельствует повышение прозрачности воды, её окраска, общей жёсткости, нитритов, окисляемости?*
- 3) *Дайте рекомендации, направленные на улучшение качества воды (в полевых условиях).*
- 4) *Дайте оценку возможности использования источника для питьевых и хозяйственных целей лагеря.*

Ответ:

1. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к

обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» полевые лагеря следует располагать на расстоянии не менее 500 м от населенных пунктов, не ближе 100 м от линий электропередачи, автомагистралей, железнодорожных путей и не менее чем на 500 м выше по течению водоемов относительно источников загрязнения.

Для расположения лагеря и мест стоянок по маршруту передвижения должна быть выбрана сухая, незаболоченная, незатопляемая талыми, дождевыми и паводковыми водами территория. Туристский лагерь должен быть расположен вблизи источника водообеспечения. Туристический лагерь должен быть обеспечен водой, отвечающей требованиям безопасности к питьевой воде. В качестве источника загрязнения озера является кладбище, завод по переработке ароматических углеводородов, а также ферма и сланцевый заводы (расположены дальше 500 м), т.к. местность заболоченная и возможно проникновение грунтовых вод в непроточную систему озера. Лагерь необходимо устроить дальше от источников загрязнения, на расстоянии не менее, чем 500 м от них.

Представленные анализы воды, полученные в полевых условиях свидетельствуют, что вода озера непригодна для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения лагеря: повышение прозрачности воды говорит о ее загрязнении вследствие близости возможных источников загрязнения озера, а также наличии гуминовых веществ (болотистая местность), её зеленоватая окраска свидетельствует о возможном содержании коллоидных соединения железа, а значит повышенных процессах окисляемости, фенольный запах свидетельствует о загрязнении промышленными сточными водами, перманганатная окисляемость – свидетельство поступления в воду органических загрязнений (завод по переработке ароматических углеводородов), общей жёсткости – наличии в воде солей жесткости (возможно вследствие близости завода), окисляемости – наличие органических или гумусовых веществ в воде. Наличие в воде нитритов – свидетельство давнего продолжающегося загрязнения (возможно от фермы). Фенольный запах, нарушение прозрачности, температура выше 14 градусов С, повышенная окисляемость, содержание нитритов – делает воду подозрительной в эпидемиологическом отношении и свидетельствует об опасности также химического загрязнения. В качестве источника могут быть использованы существующие источники централизованного водоснабжения населенных мест, источники нецентрализованного водоснабжения (артскважины, каптажи, колодцы, родники и другие источники), а также питьевая вода, доставляемая

специализированным транспортом, имеющим санитарный паспорт.

4. В условиях полевого лагеря при отсутствии альтернативного источника необходимо улучшать качество воды озера хлорированием и кипячением (медицинскими таблетированными препараты “Аквасепт”, “Неоаквасепт”, “Аквасан”).
5. Источник озеро Мышиное для питьевых целей непригоден. При отсутствии источника питьевого водоснабжения во время похода необходимо привозная питьевая вода или питьевая вода промышленного производства, расфасованная в емкости (бутилированная).

Типовая задача 4

Источник, из которого направлена проба воды на лабораторное исследование, представляет собой озеро Мутное, расположенное на равнинной местности, местами заболоченной, в 1 км от которого расположен сельский населенный пункт В., численностью 750 чел. Источники загрязнения – ферма в 500 м от озера, сланцевый завод – 750 м, кладбище – 250 м. Данные об эпидемиологической обстановке в населенном пункте, окружающем озеро, отсутствуют. Возле озера планируется устроить студенческий полевой лагерь.

Были получены анализы воды в полевых условиях:

| Показатели | Результаты | Нормативы |
|--|--------------------|--------------|
| Температура, град.С | 18 | постоянная |
| Прозрачность по Снеллену | 45 | 30 |
| Цвет | 7 (опаловидный) | 10 |
| Запах, балл | 3 (сероводородный) | 2 |
| Аммиак, мг/л | 48 | 1,5-2 |
| Хлориды, мг/л | 210 | 300 |
| Жесткость, мг экв/л | 16,6 | 7 |
| Окисляемость, мгО ₂ /л | 7 | 5-7 |
| Общие колиформные бактерии, КОЕ/в 100 мл | 109 | Не более 100 |

Задание:

- 1) *Оцените водоисточник с точки зрения возможного загрязнения. На каком расстоянии от озера возможно устройство лагеря?*
- 2) *Оцените качество воды озера на соответствие к качеству питьевой воды. О чем свидетельствует повышение прозрачности воды, её окраска, общей жёсткости, аммонийных солей, окисляемости?*
- 3) *Дайте рекомендации, направленные на улучшение качества воды (в полевых условиях).*
- 4) *Дайте оценку возможности использования источника для питьевых и хозяйственных целей лагеря.*

Ответ:

1. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» полевые лагеря следует располагать на расстоянии не менее 500 м от населенных пунктов, не ближе 100 м от линий электропередачи, автомагистралей, железнодорожных путей и не менее чем на 500 м выше по течению водоемов относительно источников загрязнения.
2. Для расположения лагеря и мест стоянок по маршруту передвижения должна быть выбрана сухая, незаболоченная, незатопляемая талыми, дождевыми и паводковыми водами территория. Туристский лагерь должен быть расположен вблизи источника водообеспечения. Туристический лагерь должен быть обеспечен водой, отвечающей требованиям безопасности к питьевой воде. В качестве источника загрязнения озера является кладбище, ферма, а также сланцевый заводы (расположены дальше 500 м), т.к. местность заболоченная и возможно проникновение грунтовых вод в непроточную систему озера. Лагерь необходимо устроить дальше от источников загрязнения, на расстоянии не менее, чем 500 м от них.
3. Представленные анализы воды, полученные в полевых условиях свидетельствуют, что вода озера непригодна для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения лагеря: повышение прозрачности воды говорит о ее загрязнении вследствие близости возможных источников загрязнения озера, а также наличии гуминовых веществ (болотистая местность), её опаловидная окраска свидетельствует о содержании глинистых почв в воде, повышенных процессах окисляемости, сероводородный запах свидетельствует о микробиологическом загрязнении воды (ферма), общей жёсткости – наличии в воде солей жесткости (возможно вследствие близости завода), окисляемости – наличие органических или гумусовых веществ в воде. Наличие в воде аммиака – свидетельство свежего фекального загрязнения (возможно от фермы). Наличие колиформных бактерий выше гигиенического норматива является признаком эпидемиологической опасности воды. Сероводородный запах, нарушение прозрачности, температура выше 14 градусов С, содержание аммонийных солей – делает воду подозрительной в эпидемиологическом отношении и свидетельствует об опасности также химического загрязнения. В качестве источника могут быть использованы существующие источники централизованного водоснабжения населенных мест, источники нецентрализованного водоснабжения (артскважины, каптажи, колодцы, родники и другие источники), а также питьевая вода, доставляемая специализированным

транспортом, имеющим санитарный паспорт.

4. В условиях полевого лагеря в качестве источника питьевого водоснабжения озеро Мутное лучше не использовать. Возможно применение индивидуальных технических средства улучшения качества воды (устройство «Турист-2М»)
5. Источник озеро Мутное для питьевых целей непригоден. При отсутствии источника питьевого водоснабжения во время похода необходимо привозная питьевая вода или питьевая вода промышленного производства, расфасованная в емкости (бутилированная).

Типовая задача 5

Источник, из которого направлена проба воды на лабораторное исследование, представляет собой озеро Мутное-2, расположенное на равнинной местности, местами заболоченной, в 1 км от которого расположен сельский населенный пункт В., численностью 750 чел. Источники загрязнения – ферма в 500 м от озера, завод по производству сельскохозяйственных удобрений – в 1000 м, сланцевый завод – 750 м, кладбище – 250 м. Данные об эпидемиологической обстановке в населенном пункте, окружающем озеро, отсутствуют. Возле озера планируется устроить студенческий полевой лагерь.

Были получены анализы воды в полевых условиях:

| Показатели | Результаты | Нормативы |
|--|--------------|--------------|
| Температура, град.С | 18 | постоянная |
| Прозрачность по Снеллену | 45 | 30 |
| Цвет | 8 (болотный) | 10 |
| Запах, балл | 3 (аптечный) | 2 |
| Аммиак, мг/л | 45 | 1,5-2 |
| Нитриты, мг/л | 80 | Отсутствие |
| Хлориды, мг/л | 220 | 300 |
| Жесткость, мг экв/л | 17 | 7 |
| Окисляемость, мгО ₂ /л | 17 | 5-7 |
| Общие колиформные бактерии, КОЕ/в 100 мл | 101 | Не более 100 |

Задание:

- 1) *Оцените водоисточник с точки зрения возможного загрязнения. На каком расстоянии от озера возможно устройство лагеря?*
- 2) *Оцените качество воды озера на соответствие к качеству питьевой воды. О чем свидетельствует повышение прозрачности воды, её окраска, общей жёсткости, аммонийных солей, окисляемости?*
- 3) *Дайте рекомендации, направленные на улучшение качества воды (в полевых условиях).*

4) *Дайте оценку возможности использования источника для питьевых и хозяйственных целей лагеря.*

Ответ:

1. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» полевые лагеря следует располагать на расстоянии не менее 500 м от населенных пунктов, не ближе 100 м от линий электропередачи, автомагистралей, железнодорожных путей и не менее чем на 500 м выше по течению водоемов относительно источников загрязнения.
2. Для расположения лагеря и мест стоянок по маршруту передвижения должна быть выбрана сухая, незаболоченная, незатопляемая талыми, дождевыми и паводковыми водами территория. Туристский лагерь должен быть расположен вблизи источника водообеспечения. Туристический лагерь должен быть обеспечен водой, отвечающей требованиям безопасности к питьевой воде. В качестве источника загрязнения озера является кладбище, ферма, а также заводы (расположены дальше 500 м), т.к. местность заболоченная и возможно проникновение грунтовых вод в непроточную систему озера. Лагерь необходимо устроить дальше от источников загрязнения, на расстоянии не менее, чем 500 м от них.
3. Представленные анализы воды, полученные в полевых условиях свидетельствуют, что вода озера непригодна для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения лагеря: повышение прозрачности воды говорит о ее загрязнении вследствие близости возможных источников загрязнения озера, а также наличии гуминовых веществ (болотистая местность), её болотная окраска свидетельствует о содержании гуминовых веществ, повышенных процессах окисляемости, аптечный запах свидетельствует о загрязнении промышленными сточными водами (заводы), общей жёсткости – наличии в воде солей жесткости (возможно вследствие близости завода), окисляемости – наличие органических или гумусовых веществ в воде. Наличие в воде аммиака и одновременно нитритов – свидетельство наличия актуального загрязнения и неблагополучия водоисточника (многочисленные источники загрязнения). Наличие колиформных бактерий выше гигиенического норматива является признаком эпидемиологической опасности воды. Аптечный запах, нарушение прозрачности, температура выше 14 градусов С, содержание аммонийных солей и нитритов– делает воду подозрительной в эпидемиологическом отношении и свидетельствует об опасности также химического загрязнения. В качестве источника могут быть использованы существующие источники

централизованного водоснабжения населенных мест, источники нецентрализованного водоснабжения (артскважины, каптажи, колодцы, родники и другие источники), а также питьевая вода, доставляемая специализированным транспортом, имеющим санитарный паспорт.

4. В условиях полевого лагеря в качестве источника питьевого водоснабжения озеро Мутное лучше не использовать. Возможно применение индивидуальных технических средства улучшения качества воды (устройство «Турист-2М»)
5. Источник озеро Мутное-2 для питьевых целей непригоден. При отсутствии источника питьевого водоснабжения во время похода необходимо привозная питьевая вода или питьевая вода промышленного производства, расфасованная в емкости (бутилированная).

Учебно-методическое издание

**Гигиеническая оценка загрязнителей и выбор источников водоснабжения
Методы улучшения качества питьевой воды**

Учебно-методическое пособие под ред. члена-корр. РАН В.Р. Кучмы.

Директор издательства

Дизайн обложки

Выпускающий редактор

Редактор

Подготовка оригинал-макета *Н.Н. Демина*

Тираж ____ экз.