

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра инженерной психологии и эргономики

**БЕЗОПАСНОСТЬ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.
ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано УМО по образованию
в области информатики и радиоэлектроники
в качестве учебно-методического пособия для специальностей
общего высшего, специального высшего образования,
закрепленных за УМО*

Под общей редакцией Т. В. Казак

Минск БГУИР 2026

УДК 331.4(075.8)
ББК 65.246я73
Б40

Авторы:

И. А. Телеш, И. И. Хлудеев, О. Л. Ломонос, О. С. Рышкель, Л. Г. Основина,
Н. В. Цявловская, М. А. Бобровнича, А. В. Воробей, В. И. Камлач

Рецензенты:

кафедра безопасности жизнедеятельности
учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет»
(протокол № 8 от 04.03.2025);

доцент кафедры биофизики
Белорусского государственного университета
кандидат биологических наук, доцент Л. К. Герасимова

Безопасность жизнедеятельности человека. Практикум : учеб. - метод.
Б40 пособие / И. А. Телеш, И. И. Хлудеев, О. Л. Ломонос [и др.] ; под общ. ред.
Т. В. Казак. – Минск : БГУИР, 2026. – 158 с. : ил.
ISBN 978-985-543-854-1.

Представлены методические материалы для проведения практических занятий по обеспечению безопасной деятельности человека в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, а также в условиях производственной среды. Каждое из практических занятий включает теоретическое изложение материала, методические указания для выполнения практической части, задания для самостоятельной работы по вариантам, вопросы для самоконтроля.

Предназначено для специальностей высшего, специального высшего образования.

УДК 331.4(075.8)
ББК 65.246я73

ISBN 978-985-543-854-1

© УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Введение | 4 |
| Практическое занятие 1. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в результате работы автотранспорта..... | 6 |
| Практическое занятие 2. Оценка качества и степени загрязненности водных ресурсов..... | 18 |
| Практическое занятие 3. Земельные ресурсы: их оценка, состояние и загрязнение..... | 29 |
| Практическое занятие 4. Лесные ресурсы: оценка, экологическое состояние, проблемы лесов и пути их решения..... | 41 |
| Практическое занятие 5. Сравнительная характеристика различных типов электростанций | 50 |
| Практическое занятие 6. Расследование и учет несчастных случаев на производстве. Первая помощь..... | 69 |
| Практическое занятие 7. Аттестация рабочих мест по условиям труда..... | 84 |
| Практическое занятие 8. Средства индивидуальной защиты в чрезвычайных ситуациях..... | 98 |
| Практическое занятие 9. Дозиметрические величины. Йодная профилактика..... | 114 |
| Практическое занятие 10. Оценка акустического загрязнения производственной и окружающей природной среды | 125 |
| Приложение А. Аттестация рабочих мест по условиям труда..... | 138 |
| Приложение Б. Оценка акустического загрязнения производственной и окружающей природной среды..... | 148 |
| Список использованных источников..... | 154 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время риск возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также в условиях производства продолжает оставаться высоким. При этом в количественном и качественном отношении проявляются различные виды ущербов экологического, экономического и социального характера, остаются значительными безвозвратные потери населения, наносится непоправимый вред окружающей среде.

В связи с этим особую значимость и приоритетность приобретают знания в области естественнонаучных дисциплин, одной из которых выступает «Безопасность жизнедеятельности человека». Изучение дисциплины направлено на приобретение знаний, формирующих способность предупреждать воздействие вредных и опасных факторов производственной среды и среды обитания в целом, минимизировать их последствия для сохранения жизни и здоровья человека, а также обеспечения безопасных условий жизнедеятельности.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой по учебной дисциплине «Безопасность жизнедеятельности человека» и предназначено для студентов специальностей общего высшего образования, специального высшего образования. Изложенный материал в рамках пособия позволяет ознакомиться с понятийным аппаратом и терминологией в области безопасности жизнедеятельности; способствует воспитанию мировоззрения и культуры безопасного поведения и деятельности в различных условиях; направлен на формирование базы знаний по правовым, нормативно-техническим и организационным основам безопасности жизнедеятельности; обучению методам исследования и анализа факторов, определяющих специфику взаимодействия человека с окружающей средой, а также поведения человека в условиях производственной деятельности.

Данное учебное издание включает практические занятия, тематика которых посвящена оценке безопасности жизнедеятельности человека в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также в условиях производственной деятельности.

В содержании практических работ отражены экологическое состояние и оценка степени загрязнения природных ресурсов, уделяется внимание аттестации рабочих мест по условиям труда и анализу травматизма в условиях производственной среды, способам оказания доврачебной помощи и изучению средств индивидуальной защиты в условиях чрезвычайных ситуаций, вопросам радиоактивной безопасности и йодной профилактики.

В каждом практическом занятии приводятся сведения теоретического характера по изучению и закреплению знаний по организации и обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, а также в условиях производственной среды. Предусмотрены задания для самостоятельной работы по вариантам в соответствии с методическими указаниями к выполнению каждого практического занятия, а также даны вопросы для самоконтроля.

Учебный материал в рамках учебно-методического пособия по данной учебной дисциплине направлен на формирование у студентов знаний, умений и навыков по обеспечению безопасности в повседневной жизни, в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, а также в условиях производственной среды; воспитание сознательного и ответственного отношения к вопросам личной безопасности и безопасности окружающих; получение студентами основополагающих знаний и умений, которые позволят им распознавать и оценивать опасные ситуации, факторы риска среды обитания, определять способы защиты от них, а также оказывать само- и взаимопомощь в случае проявления опасностей.

Практическое занятие 1

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТА

Цель занятия: изучить причины загрязнения атмосферного воздуха от автотранспорта, свойства и виды пылевидных частиц и их влияние на человека, выполнить расчетную оценку количества выбросов от автотранспорта.

Автотранспорт – причина запыленности атмосферного воздуха. Экологическая опасность пылевидных частиц и их влияние на человека

Автомобильный транспорт является одним из источников пылевидных частиц, загрязняющих воздух. Стирание автопокрышек, износ асфальтового покрытия автомобильных дорог вследствие погодных условий и применения шипованных шин увеличивает количество взвешенной в воздухе и осевшей на поверхности пыли.

Под термином «запыленность воздуха» понимают весовую концентрацию пыли в воздухе, выраженную в $\text{мг}/\text{м}^3$.

Количество пыли в атмосферном воздухе зависит от местности. Например, в промышленных городах запыленность воздуха составляет $3\text{--}10 \text{ мг}/\text{м}^3$, над озерами и реками, а также на местности со сплошным зеленым массивом – менее $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ [4].

Различают следующие разновидности пыли:

- по происхождению: *органическая* (пыль животного и растительного происхождения – древесная, хитинового покрова насекомых), *неорганическая* (минеральная пыль – цементная, кварцевая, асбестовая, а также металлическая) и *смешанная*;

- по размерам частиц (дисперсности): *мелкодисперсная* – до 2 мкм (частицы могут длительное время перемещаться в воздухе), *среднедисперсная* – 2–10 мкм (частицы оседают с меньшей скоростью, преодолевая сопротивление воздушной среды), *крупнодисперсная* – более 10 мкм (частицы быстро оседают под действием силы тяжести);

- по вредности: *инертная*, состоящая из веществ, не оказывающих токсического воздействия на организм человека (сажа), и *агрессивная*, обладающая токсическими свойствами (пыли свинца, мышьяка и др.).

На организм человека пылевидные частицы могут оказывать действие: *фиброгенное* (пыль, которая приводит к нарушению нормального строения и функции органа из-за разрастания соединительной ткани легких); *раздражающее* (пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокно, слюда и др.)) и *токсическое* (пыль токсических веществ (свинец, хром, бериллий и др.), которая попадает в организм человека через легкие, вызывая хронические заболевания) [4].

Свойства пылевидных частиц определяют их экологическую опасность для человека. Степень опасности пыли в первую очередь зависит от ее размера.

Для человека частицы размером от 0,2 до 7 мкм являются наиболее опасными, так как, попадая в легкие и накапливаясь, могут стать причиной заболевания. Частицы большего размера, оседая в верхних дыхательных путях, удаляются при кашле и чихании.

Кроме того, размер пылинок зависит от заряда пыли, что, в свою очередь, влияет на скорость оседания. Разноименно заряженные частицы притягиваются друг к другу, слипаются, коагулируют, увеличиваются в размерах и оседают быстрее других частиц. При одноименных зарядах происходит отталкивание частиц, и их коагуляция затрудняется.

От заряда пыли зависит характер и эффективность ее действия: более опасны для организма заряженные частицы, так как дольше задерживаются в легких, чем нейтральные.

Вредное воздействие пыли также связано с ее концентрацией в воздухе.

По санитарным нормам среднесуточная предельно допустимая концентрация нетоксичной пыли в атмосферном воздухе населенных мест должна составлять 0,15 мг/м³, однако в действительности концентрация пыли чаще бывает значительно больше [4].

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта

В крупных промышленных центрах и городах на долю автотранспорта среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха приходится более 70 % валовых выбросов [36].

Для автомобильного транспорта, как источника загрязнения воздушной среды, характерны особенности:

- количество автомобилей повсеместно растет, что влечет за собой увеличение валового выброса вредных веществ в атмосферу;
- автотранспорт является мобильным источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух жилых районов и мест отдыха населения;
- рассеяние автомобильных выбросов в условиях городской застройки затруднено;
- выбросы автотранспорта негативно воздействуют на здоровье человека и в первую очередь на органы дыхания людей.

Источниками поступления загрязняющих веществ в воздух являются отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания, испарение топлива с топливной системы.

В состав выхлопных газов практически всех двигателей входят такие загрязняющие вещества, как угарный газ, углеводороды, диоксиды азота.

При определенных условиях в выхлопных газах содержатся также диоксиды серы, сажа, бензапирен, соединения свинца (таблица 1.1) [43].

Таблица 1.1 – Содержание вредных веществ в отработавших газах (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

| Вредное вещество | ДВС | |
|--|-------------------------|--|
| | дизельные | бензиновые |
| Оксид углерода, об. % | 0,005–0,5 | 0,25–10 |
| Оксиды азота в пересчете на азот, об. % | 0,004–0,5 | 0,01–0,8 |
| Сернистый ангидрид, об. % | 0,003–0,05 | – |
| Углеводороды в пересчете на углерод, об. % | 0,01–0,5 | 0,27–0,3 |
| Бензапирен, об. % | до 10 | до 20 |
| Сажа | до 1,1 г/м ³ | до 0,4 мкг/м ³ |
| Соединение свинца, мкг/м ³ | – | до 85 % соединений свинца (от количества введенного в бензин от ТЭС) |

Вещества, выделившиеся в атмосферный воздух в процессе работы автомобильных двигателей при сжигании топлива, очень опасны для человека.

Моноксид углерода (угарный газ), попадая в кровь, воздействует на красные кровяные тельца – эритроциты, которые теряют способность транспортировать кислород. В результате наступает кислородное голодание, что оказывает влияние на состояние сердечно-сосудистой системы и центральной нервной системы. Большинство *углеводородов* являются опасными канцерогенными веществами, которые в местах непосредственного контакта с биологической тканью способствуют появлению злокачественных опухолей. Из углеводородных соединений при наличии определенных атмосферных условий (безветрие, интенсивность солнечной радиации, значительная температурная инверсия) образуются чрезвычайно токсичные продукты – фотооксиданты, которые обладают сильным раздражающим и общетоксичным действием на органы человека. *Диоксид азота* раздражает слизистую оболочку глаз и носа, разрушает легкие. *Сернистый газ* оказывает пагубное влияние на слизистую оболочку верхних дыхательных путей. *Бензапирен* является типичным представителем канцерогенных веществ, то есть веществ, способствующих возникновению новообразований [4].

Концентрация вредных веществ в выхлопных газах зависит от режима работы двигателя. При разгоне автомобиля двигатель потребляет наибольшее количество топлива, а значит, в этот момент выбросы выхлопных газов наиболее интенсивны.

При торможении и на холостом ходу наиболее высока относительная доля углеводородов и оксида углерода от общей массы выбросов, при разгоне – доля оксидов азота.

Влияние режима работы двигателя автомобиля на концентрацию вредных веществ в выхлопных газах представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Концентрация вредных веществ в выхлопных газах

| Режим работы двигателя | Оксид углерода, мг/л | Углеводороды, мг/л | Оксиды азота, мг/л |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Холостой ход | 4,0–12,0 | 2,0–6,0 | 4,0–8,0 |
| Принудительный холостой ход | 2,0–4,0 | 8,0–12,0 | 2,5–4,0 |
| Средние нагрузки | 0–1,0 | 0,8–1,5 | – |
| Полные нагрузки | 2,0 | 0,7–0,8 | – |

Неотрегулированный двигатель и двигатель в режиме прогрева может стать причиной повышенного содержания соединений оксидов углерода и азота в выхлопных газах.

Выброс окиси углерода легковым автомобилем зависит от скорости. При скорости движения автомобиля 70 км/ч наблюдается наименьший выброс, что не причиняет особого вреда атмосфере.

При интенсивном движении автотранспорта в часы пик (утром в 7–9 и вечером в 17–19 часов) концентрация оксидов азота и углерода выше.

Объем выбросов вредных веществ зависит также от типа двигателя (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Количество выбросов вредных веществ в зависимости от типа двигателя

| Вещество | Двигатель | |
|------------------------------|------------|-----------|
| | бензиновый | дизельный |
| Оксид углерода (% по объему) | 1,0–12,0 | 0,01–0,5 |
| Оксид азота, мг/л | 0,05–8,0 | 0,002–0,5 |
| Углеводороды, мг/л | 0,8–6,0 | 0,01–0,5 |

Как видно из таблицы 1.3, выбросы загрязняющих веществ значительно ниже в дизельных двигателях. Их принято считать более экологически чистыми, потому что в топливе для дизельных двигателей нет свинцовых присадок, а выброс СО на 50–90 % ниже, чем у бензинового двигателя.

Однако дизельные двигатели отличаются повышенными выбросами сажи. Сажа насыщена канцерогенами, и их выбросы в атмосферу недопустимы.

Кроме того, автомобильный транспорт является одним из источников шумового загрязнения. В городах с интенсивным автомобильным движением уровень шума превышает 70 дБ, при допустимой норме – 60 дБ (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Оценка основных источников транспортного шума

| Вид транспорта | Эквивалентный уровень шума, дБ |
|---|--------------------------------|
| Легковые автомобили (на расстоянии 7,5 м) | 77 |
| Автобусы и грузовые автомобили | 78–83 |
| Железнодорожный (на расстоянии 20 м) | 90–101 |
| Воздушный | 98–105 |

Мероприятия по борьбе с выбросами загрязняющих веществ от автотранспорта в атмосферный воздух

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от различных источников в Республике Беларусь представлены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Республике Беларусь (тыс. т) [43]

Как показано на рисунке 1.1, количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в республике в большей степени связано со стационарными источниками, которые выбрасывают в атмосферу больше вредных веществ, чем мобильные. Причем количество выбросов от мобильных источников стало снижаться. Согласно [43] 80 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух приходится на автомобили и только 20 % – на промышленные предприятия г. Минска.

Данные по выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников в Республике Беларусь представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников в 2021–2023 годах (тыс. т) [43]

| Территория | 2021 год | 2022 год | 2023 год |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Республика Беларусь, в т. ч. | 426,2 | 416,7 | 408,4 |
| Брестская область | 60,0 | 61,5 | 62,6 |
| Витебская область | 39,6 | 40,5 | 38,7 |
| Гомельская область | 46,5 | 43,7 | 41,6 |
| Гродненская область | 48,7 | 50,9 | 49,8 |
| г. Минск | 81,6 | 73,4 | 71,4 |
| Минская область | 109,6 | 107,2 | 105,5 |
| Могилевская область | 40,2 | 39,5 | 38,8 |

Как видно из таблицы 1.5, количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников по всей республике достаточно велико. Несмотря на то что лидирующее место занимает Минская область и город Минск, наблюдается положительная тенденция по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников. По данным отчетности, выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников по Минску в 2022 году составили 73,4 тыс. т, в 2023 году – 71,4 тыс. т, то есть произошло уменьшение на 2 тыс. т. В связи с этим очень важно постоянно стремиться к снижению выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. Достичь этого помогут мероприятия по борьбе с выбросами загрязняющих веществ от автотранспорта в атмосферный воздух.

Приоритетными направлениями снижения уровня загрязнения окружающей среды от автомобильного транспорта являются:

- эксплуатация автомобилей с дизельными двигателями. Интерес к дизельному двигателю связан с удешевлением эксплуатации автомобилей, а также уменьшением загрязнения окружающей среды;
- перевод автомобилей на электротягу, особенно целесообразно в крупных городах для минимального загрязнения окружающей среды;
- использование более экологически чистых и альтернативных видов топлива (газ и биогаз), что позволит снизить загрязнение воздушного бассейна в крупных городах;
- регулярное осуществление контроля за состоянием технических средств, которые находятся в эксплуатации;
- внедрение рациональной организации и управления транспортными потоками.

Расчетная оценка количества выбросов от автотранспорта

Для расчетной оценки количества вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, необходимы следующие данные [4]:

- количество единиц автотранспорта разных типов, проезжающего по определенному участку автотрассы в единицу времени;
- удельный расход топлива для разного типа автотранспорта.

Исходные данные для расчета удельного расхода топлива, характерного для разного типа автотранспорта, приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Удельный расход топлива для разного типа автотранспорта

| Тип автотранспорта | Средние нормы расхода топлива (литр на 100 км) | Удельный расход топлива, Y_i (литр на 1 км) |
|-------------------------------|--|---|
| Легковой автомобиль | 11–13 | 0,11–0,13 |
| Грузовой автомобиль | 29–33 | 0,29–0,33 |
| Автобус | 41–44 | 0,41–0,44 |
| Дизельный грузовой автомобиль | 31–34 | 0,31–0,34 |

Значения коэффициента выбросов (K) вредных веществ в литрах при сгорании в двигателе количества топлива, нужного для проезда 1 км, приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Коэффициент выброса вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида топлива

| Вид топлива | Угарный газ (CO) | Углеводороды | Диоксид азота (NO ₂) |
|-------------------|------------------|--------------|----------------------------------|
| Бензин | 0,6 | 0,1 | 0,04 |
| Дизельное топливо | 0,1 | 0,03 | 0,04 |

Для нормирования содержания вредных веществ в атмосферном воздухе установлены два дополнительных норматива – разовая и среднесуточная ПДК.

Значения предельно допустимых концентраций, с помощью которых можно оценить качество атмосферного воздуха, приведены в таблице 1.8 [43].

Таблица 1.8 – Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест

| Наименование вещества | Класс опасности | Максимально разовая ПДК _{м.р.} , мг/м ³ | Среднесуточная ПДК _{с.с.} , мг/м ³ |
|-------------------------------|-----------------|---|--|
| Азота диоксид NO ₂ | 2 | 0,085 | 0,04 |
| Азота оксид NO | 3 | 0,4 | 0,06 |
| Аммиак | 4 | 0,2 | 0,04 |
| Ацетон | 3 | 0,35 | – |
| Бензин | 4 | 5,0 | 1,5 |
| Ртуть | 1 | – | 0,0003 |
| Сажа | 3 | 0,15 | 0,05 |
| Сероводород H ₂ S | 2 | 0,008 | – |
| Серы диоксид SO ₂ | 3 | 0,5 | 0,05 |
| Углерода диоксид CO | 4 | 5,0 | 3,0 |
| Фенол | 2 | 0,01 | 0,003 |
| Формальдегид | 2 | 0,035 | 0,003 |

Максимально разовая ПДК (ПДК_{м.р}) – концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.) [43].

Среднесуточная ПДК (ПДК_{с.с}) – концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно длительном вдыхании [43].

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Рассчитать количество выбросов вредных веществ в воздух, поступающих от автотранспорта, и количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ и для обеспечения санитарно-допустимых условий окружающей среды на участке автотрассы.

Варианты выполнения задания даны в таблице 1.9.

Результаты расчетов оформить в виде таблиц 1.10–1.14. Сделать выводы.

Таблица 1.9 – Варианты исходных данных для самостоятельной работы

| Вариант | Протяженность участка, м | Временной интервал, мин |
|---------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 500 | 15 |
| 2 | 700 | 30 |
| 3 | 1 300 | 45 |
| 4 | 1 500 | 90 |
| 5 | 1 800 | 120 |
| 6 | 2 000 | 240 |
| 7 | 2 500 | 480 |
| 8 | 3 000 | 1 440 |

Пример выполнения задания

Рассчитать количество выбросов вредных веществ в воздух, поступающее от автотранспорта на участке дороги, расположенной вблизи БГУИР. Протяженность участка между 2-м и 4-м учебными корпусами составляет 1 км [4].

1 Сначала подсчитываем количество машин на выбранном участке в течение 20 мин.

2 Количество машин каждой категории за 1 час (N_i) рассчитываем, умножая на 3 количество подсчитанных машин за 20 мин.

3 Вычисляем общий путь, пройденный количеством автомобилей каждого типа за час (L , км), по формуле

$$L = N_i \cdot l, \quad (1.1)$$

где N_i – количество автомобилей каждого типа, пройденное за 1 ч;

i – обозначение типа автотранспорта ($i = 1$ для легковых автомобилей; $i = 2$ для грузовых автомобилей; $i = 3$ для автобусов; $i = 4$ для дизельных грузовых автомобилей);

l – длина участка, км (по условию равна 1 км).

Данные расчетов заносим в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Количество автотранспорта, движущегося по выбранному участку

| Тип автотранспорта | Кол-во за 20 мин, шт. | Кол-во за 1 ч, N_i , шт. | Общий путь за 1 ч, L , км |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Легковые автомобили | 263 | 789 | 789 |
| Грузовой автомобиль | 3 | 9 | 9 |
| Автобус | 2 | 6 | 6 |
| Дизельный грузовой автомобиль | 1 | 3 | 3 |

4. Рассчитываем количество топлива (Q_i , л) разного вида для каждого типа автомобиля по формуле

$$Q_i = L_i \cdot Y_i, \quad (1.2)$$

где L_i – общий путь каждого вида автотранспорта за 1 ч;

Y_i – удельный расход топлива (л/км, значения Y_i приведены в таблице 1.6).

Полученный результат заносим в таблицу 1.11.

Таблица 1.11 – Количество сожженного топлива каждым видом транспортного средства

| Тип автотранспорта | L_i , км | Q_i , л |
|-------------------------------|------------|-----------|
| Легковой автомобиль | 789 | 94,68 |
| Грузовой автомобиль | 9 | 2,79 |
| Автобус | 6 | 2,52 |
| Дизельный грузовой автомобиль | 3 | 0,96 |
| Всего (ΣQ) | | 100,95 |

5. Определяем общее количество сожженного топлива каждого вида (ΣQ) при условии использования вида топлива каждым типом автотранспорта в соотношении N_b / N_d (N – количество автомобилей с бензиновым или дизельным двигателем).

Количество автомобилей с бензиновым двигателем в Беларуси составляет около 76 %, с дизельным – 24 %.

Результаты заносим в таблицу 1.12.

Таблица 1.12 – Количество сожженного бензина и дизельного топлива

| Тип автотранспорта | Тип двигателя, N_b / N_d | Бензин, л | Дизельное топливо, л |
|------------------------|----------------------------|-----------|----------------------|
| Легковой автомобиль | 600/189 | 72,0 | 22,7 |
| Грузовой автомобиль | 9/0 | 2,79 | – |
| Автобус | 0/6 | – | 2,52 |
| Дизельный грузовой | 0/3 | – | 0,96 |
| Всего (ΣQ_i) | | 74,79 | 26,18 |

6. Рассчитываем количество выделившихся вредных веществ по каждому виду топлива:

$$\Sigma Q_i \cdot K, \quad (1.3)$$

где ΣQ_i – общее количество литров топлива каждого типа;

K – коэффициент выброса вредных веществ (см. таблицу 1.7).

Результаты заносим в таблицу 1.13.

Таблица 1.13 – Количество выделившихся вредных веществ по каждому виду топлива

| Вид топлива | ΣQ_i , л | Количество выделившихся вредных веществ, л | | |
|-------------------|------------------|--|--|-----------------|
| | | СО | углеводороды (C ₅ H ₁₂) | NO ₂ |
| Бензин | 74,79 | 44,87 | 7,48 | 2,99 |
| Дизельное топливо | 26,18 | 2,62 | 0,79 | 1,05 |
| Всего (V) | | 47,49 | 8,27 | 4,04 |

7. Рассчитываем массу выделившихся вредных веществ (m , г) по формуле

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (1.4)$$

где M – молярная масса вещества (NO₂ – 46 г/моль; СО – 28 г/моль; углеводороды C₅H₁₂ – 72,15 г/моль);

V – общее количество выделившихся вредных веществ, л;

22,4 – молярный объем газов при нормальных условиях.

8. Вычисляем количество чистого воздуха (n), необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ и для обеспечения санитарно-допустимых условий окружающей среды по формуле

$$n = m / \text{ПДК}_{i_{\text{в-ва}}}, \quad (1.5)$$

где m – масса вещества в г;

ПДК $i_{\text{в-ва}}$ – предельно допустимая концентрация вещества.

Результаты заносим в таблицу 1.14.

Таблица 1.14 – Масса выделившихся вредных веществ в атмосферу от работы автотранспорта

| Вид вещества | Масса (m), г | Количество воздуха, м ³ | ПДК мг/м ³ |
|-----------------|------------------|------------------------------------|-----------------------|
| СО | 59,36 | 11 872 | 5,0 |
| Углеводороды | 26,64 | 266 | 100 |
| NO ₂ | 8,30 | 97 647 | 0,085 |

Контрольные вопросы

- 1 Объясните значение термина «запыленность воздуха».
- 2 Дайте краткую характеристику основным разновидностям пыли.
- 3 От чего зависит степень опасности и характер действия на человека пылевидных частиц?
- 4 Какое действие на организм человека оказывает запыленность воздуха?
- 5 Назовите отличительные особенности автомобильного транспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха.
- 6 Какое влияние оказывают на организм человека основные вещества, загрязняющие атмосферный воздух?
- 7 Как зависит концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе от автотранспорта?
- 8 Что такое «шумовое загрязнение»? Назовите основные источники транспортного шума и норму шума для автомагистралей.
- 9 Назовите мероприятия, предупреждающие загрязнение атмосферы в результате работы автотранспорта.

Практическое занятие 2

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цель занятия: изучить теоретический материал, проанализировать химический состав природной воды, привести обобщенную характеристику химического состава единичного анализа воды, рассчитать индекс загрязнения вод (ИЗВ) для поверхностных источников.

Анализ химического состава природных вод

Среди основных компонентов химического состава природных вод выделяют: соли, преимущественно в виде ионов, молекул и комплексов; органические вещества – в молекулярных соединениях и коллоидном состоянии; газы – в виде молекул и гидратированных соединений; диспергированные примеси; механические примеси (взвешенные частицы); гидробионты (планктон, бентос, нейстон); бактерии и вирусы [38].

Различные компоненты химического состава оказывают определенное влияние на вкусовые качества воды. Например, при значительном содержании углекислого газа вода имеет кислый вкус, ионов хлора – соленый, сульфатов – горьковатый. Гидрокарбонатные ионы придают воде приятный освежающий вкус, соединения железа – вяжущий, органические (гуминовые) соединения окрашивают воду в желтоватый цвет, придают ей сладковатый привкус и затхлый запах.

В формировании химического состава природных вод участвуют определенные компоненты. Компоненты, содержащиеся в природных водах, поступают: из атмосферных, поверхностных и подземных вод; из вмещающих пород при их взаимодействии с водой в результате обменных реакций, реакций выщелачивания, реакций растворения, микробиологических процессов; из недр Земли (в виде газов или растворов); в результате хозяйственной деятельности человека.

Ионный состав воды и свойства природной воды. Выделяют семь главных ионов, от содержания которых зависит качество воды: четыре катиона – Na^+ , K^+ , Mg^+ , Ca^+ и три аниона – Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- . Остальные ионы в незагрязненных природных водах содержатся, как правило, в подчиненных количествах.

Содержание ионов в растворе может быть выражено в весовых единицах – количеством миллиграммов в литре (мг/л) или в единицах количественных – количеством миллиграмм-эквивалентов в литре (мг-экв/л), а также в процент-эквивалентной форме (%-экв).

Природная вода представляет собой слабый раствор. Суммарное содержание в воде растворенных неорганических веществ (концентрация солей) выражают либо в виде минерализации M (мг/л, г/л), либо в виде солёности S (г/кг, ‰).

По содержанию солей природные воды подразделяют на четыре группы: пресные – менее 1 ‰, солоноватые – 1–25 ‰, солёные – 25–50 ‰, высокосолёные (рассолы) – свыше 50 ‰.

Определение минерализации или солености проводят по плотному остатку. Плотный остаток определяют путем выпаривания определенного количества профильтрованной воды и высушивания остатка при 105 °С до постоянного веса. Вес остатка измеряют в граммах и определяют с точностью до четвертого знака после запятой. Количество взятой для выпаривания воды измеряют либо в миллилитрах, либо в граммах.

Если количество воды выражено в миллилитрах, то концентрацию солей в воде называют *минерализацией* и определяют как $M \text{ (г/л)} = 1\,000 \cdot \text{вес остатка/объема воды}$.

Если количество воды выражено в граммах, то концентрацию солей в воде называют *соленостью* и определяют как $S \text{ (г/кг, ‰)} = 1\,000 \cdot \text{вес остатка / вес воды}$ (*1 промилле (‰) – единица измерения, равная 1 части на 1 000 частей. В случае солености 1 ‰ численно равен 1 г соли в 1 кг (1 000 г) природной воды*).

Минерализацию можно определить и по химическому составу природной воды. В этом случае минерализацию определяют как сумму всех ионов в одном литре воды.

В зависимости от общей минерализации воды делятся на следующие виды:

- слабоминерализованные (1–2 г/л);
- малой минерализации (2–5 г/л);
- средней минерализации (5–15 г/л);
- высокой минерализации (15–30 г/л);
- рассольные минеральные воды (35–150 г/л);
- крепкорассольные воды (150 г/л и выше).

Для обычных расчетов можно пренебречь различием между минерализацией и соленостью пресных, солоноватых и соленых природных вод, однако для высокосоленых вод из-за возникновения достаточно большой ошибки этого делать уже нельзя.

В пресных и солоноватых водах содержатся следующие газы – O_2 , H_2 , CO_2 , NO_2 , H_2S , CH_4 , Rn . В природной воде в виде растворимых углекислых, двууглекислых, хлоридных и сернокислых солей присутствуют кальций и магний, что придает этой воде особые свойства. Совокупность свойств воды, обусловленных содержанием в ней этих щелочноземельных элементов, называется *жесткостью* воды.

Жесткость воды бывает временная, постоянная и общая. *Временная жесткость воды* (устраняемая, карбонатная) ($J_{вр}$) обуславливается содержанием бикарбонатов. При нагревании или кипячении воды бикарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты, при этом жесткая вода умягчается. Обычно карбонатная жесткость составляет 70–80 % от общей жесткости. *Постоянная жесткость воды* (некарбонатная) ($J_{п}$) обуславливается содержанием сульфатов, хлоридов и других (кроме бикарбонатов) солей кальция и магния. При нагревании или кипячении воды они остаются в растворе. *Общая жесткость воды* (J) – определяется как суммарное содержание в воде солей кальция и магния, выражается как сумма карбонатной и некарбонатной жесткости: $J = J_{п} + J_{вр}$.

Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/дм³ (г/м³). Жесткость воды

выражается в градусах жесткости ($^{\circ}\text{Ж}$). Численные значения жесткости, измеренные в мг-экв/л, моль/ м^3 и $^{\circ}\text{Ж}$, несмотря на различия в обозначении, равны между собой. В зависимости от содержания ионов кальция и магния природная вода может быть: *мягкой* – общая жесткость менее $3,5^{\circ}\text{Ж}$; *средней жесткости* – $3,5\text{--}7^{\circ}\text{Ж}$; *жесткой* – $7\text{--}14^{\circ}\text{Ж}$; *очень жесткой* – более 14°Ж .

Очень важный показатель природной воды – это ее активная кислотность или водородный показатель (рН).

По водородному показателю все природные воды делятся на следующие:

- *нейтральные* ($6,5 < \text{pH} < 7,5$);
- *слабощелочные* ($7,5 < \text{pH} < 8,5$);
- *щелочные* ($8,5 < \text{pH} < 9,5$);
- *сильнощелочные* ($\text{pH} > 9,5$);
- *слабокислые* ($5,5 < \text{pH} < 6,5$);
- *кислые* ($4,5 < \text{pH} < 5,5$);
- *очень кислые* ($\text{pH} < 4,5$).

Питьевая вода имеет нейтральную или слабощелочную реакцию.

Приведенная выше классификация природных вод по их минерализации не учитывает особенностей содержания отдельных ионов. В природной воде могут быть абсолютно разные ионы, однако наибольшая доля среди них приходится на небольшую группу ионов. Это анионы: HCO_3^- – гидрокарбонат, SO_4^{2-} – сульфат, Cl^- – хлорид – и катионы: Ca^+ – кальций, Mg^+ – магний, Na^+ – натрий и K^+ – калий.

Все природные воды делятся по преобладающему аниону на три класса: *гидрокарбонатные* (и карбонатные), *сульфатные* и *хлоридные*. Каждый класс по преобладающему катиону подразделяется на три группы: *кальциевую*, *магниевую* и *натриевую*.

Для определения степени преобладания того или иного иона, а следовательно, и отнесения воды к тем или иным классам и группам содержание всех ионов должно быть сначала выражено в мг-экв/л, а затем преобразовано в процентное содержание от суммы катионов или анионов в зависимости от того, какой ион рассматривается. При определении класса и группы воды пользуются следующим правилом: учитывают лишь те ионы, содержание которых не менее 25 %, причем сначала указываются те из них, которых меньше. В случае выражения химического состава в мг/л для его перевода в мг-экв/л необходимо количество мг/л иона разделить на его эквивалентную массу (мг).

Эквивалентная масса катионов: Ca^+ – 20,0; Mg^+ – 12,15; Na^+ – 23,0. Эквивалентная масса анионов: CO_3^{2-} – 30,00; HCO_3^- – 61,0; SO_4^{2-} – 48,0; Cl^- – 35,5.

Теоретически сумма всех миллиграмм-эквивалентов катионов должна быть равна сумме всех миллиграмм-эквивалентов анионов. Однако на практике часто эти суммы не совпадают. Различие в этих суммах может быть либо в пределах ошибки (5 %) опыта, либо следствием неполного химического анализа, либо результатом технической ошибки. В первом случае предпринимать каких-либо дополнительных действий не требуется, в остальных случаях необходимо либо проверить расчеты, либо искать дополнительные ионы. При описании химического со-

става воды чаще всего показывают содержание в ней отдельных ионов в мг/л. Однако при таком способе отображения химического состава, прежде чем сформулировать название воды, необходимо проведение расчетов, что не всегда удобно.

Химический состав природных вод наглядно можно представить в виде формулы, которая дает обобщенную характеристику химического состава единичного анализа воды. В этой формуле, выражаемой в виде псевдодробы, в числителе в убывающем порядке пишут долю (%) миллиграмм-эквивалентов аниона с его символом, в знаменателе, аналогичным способом, – катионы. Впереди дроби указывают минерализацию в г/л, рН, общую жесткость в градусах жесткости (°Ж) и, при необходимости, компоненты, придающие воде специфические свойства (содержание газов, микроэлементов, биогенных и органических веществ, радиоактивность и т. д.). Для подземных вод после дроби указывают температуру скважины (°С) и дебит воды (D) (м³/сут).

Республика Беларусь обладает значительными запасами подземных вод различной степени минерализации. В настоящее время в стране выпуском минеральных и питьевых вод занимается порядка 40 производителей, среди которых наиболее крупными являются: ЧПУП «Дарида», ОАО «Минск Кристалл», ОАО «Гомельский ликеро-водочный завод», СООО «АкваТрайпл», СООО «Малиновщизненский спиртоводочный завод «Аквадив», ОАО «Витебский ликеро-водочный завод «Придвинье», ЗАО «Минский завод безалкогольных напитков», УП «Кока-Кола Бевриджиз Белоруссия», СП ООО «Фрост и К».

Республика Беларусь экспортирует минеральные и газированные воды в основном в Россию (55 %), Латвию, Литву и Украину. В 2021 году было экспортировано воды на 7,3 млн долларов США.

В то же время основными импортерами природных вод в Республику Беларусь являются Грузия (преимущественно минеральные воды) и Россия (минеральные и питьевые воды) – в среднем 93 % от суммарного импорта вод на сумму около 19 млн долларов США. Таким образом, имеется существенный потенциал импортозамещения в данной сфере.

Качество поверхностных и подземных вод Республики Беларусь

Качество поверхностных и подземных вод формируется под влиянием комплекса факторов природного и антропогенного происхождения [23].

К группе факторов антропогенного воздействия относятся:

- отведение коммунально-бытовых и производственных сточных вод;
- вынос загрязняющих веществ с поверхностным стоком с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий;
- поступление загрязняющих веществ от рассредоточенных по водосборной площади бассейнов рек животноводческих комплексов, полигонов захоронения отходов, складов минеральных удобрений, нефтепродуктов и других экологически опасных объектов;
- трансграничный перенос загрязняющих веществ водным и воздушным путем;

- разгрузка загрязненных подземных вод в речную сеть.

Природными факторами обусловлено повышенное содержание отдельных элементов, прежде всего соединений железа в поверхностных и подземных водах, что является следствием высокого содержания этих элементов в комплексах водовмещающих пород и почв. Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод на действующих водозаборах в основном отвечает установленным требованиям, за исключением повышенного содержания железа и марганца, в отдельных случаях бора и некоторых других компонентов природного происхождения. На участках, испытывающих антропогенное воздействие, отмечена тенденция к увеличению содержания в воде аммония, нитратов, хлоридов и других компонентов [27].

К мощным источникам загрязнения подземных вод первых от поверхности горизонтов относятся отвалы фосфогипса на территории ОАО «Гомельский химический завод». Интенсивное загрязнение пресных подземных вод наблюдается в Солигорском промышленном районе. В районе некоторых водозаборов отмечено загрязнение подземных вод тяжелыми металлами. На ухудшение качества подземной воды существенное влияние оказывает санитарно-техническое состояние самих водозаборов и прилегающих к ним территорий. Режим содержания зон санитарной охраны не всегда соблюдается (в зонах влияния водозаборов часто находятся различные приемники сточных вод и отходов: поля фильтрации, отстойники, свалки и др.). В сельской местности интенсивное загрязнение грунтовых вод происходит в местах расположения животноводческих и птицеводческих ферм, складов минеральных удобрений и ядохимикатов, полей орошения животноводческих комплексов, а также на территориях сельскохозяйственных угодий, где вносятся минеральные и органические удобрения. Повышенное содержание загрязняющих веществ регистрируется на глубине до 14–16 м.

В числе лимитирующих показателей загрязнения поверхностных вод характерными компонентами остаются азот аммонийный, азот нитритный, фосфор фосфатный и легкоокисляемые органические вещества. Однако за последние 5 лет содержание азота аммонийного в поверхностных водах страны в целом снизилось на 21 %, азота нитритного – на 18, фосфора общего – на 30, нефтепродуктов – на 47, соединений никеля – на 64 %. Повышенное содержание железа, соединений меди и марганца, обусловленное высоким региональным фоном этих металлов в природной среде, в наибольшей степени характерно для водных объектов бассейна реки Припять. Сохраняется проблема загрязнения отдельных участков водотоков, расположенных ниже промышленных центров [27].

Наибольшую нагрузку от сточных вод испытывают р. Свислочь ниже г. Минска, р. Неман ниже г. Гродно, р. Березина ниже г. Бобруйска, р. Днепр ниже г. Могилева и г. Речицы, р. Западная Двина ниже г. Новополоцка, р. Припять ниже г. Мозыря, р. Ясельда ниже г. Березы, р. Уза ниже г. Гомеля.

В бассейнах рек наряду с внедрением безводных и других прогрессивных технологий, направленных на снижение или прекращение отведения сточных вод, важны мероприятия по интенсификации очистки и доочистке сточных вод от био-

генных элементов (азота и фосфора), тяжелых металлов, нефтепродуктов, органических и поверхностно-активных веществ. Как по объему отводимых сточных вод, так и по количеству содержащихся в них загрязняющих веществ более четверти суммарной антропогенной нагрузки приходится на г. Минск, в промышленно-хозяйственном комплексе которого образуется сточных вод больше, чем во всех крупных городах.

Поступление загрязнений от рассредоточенных источников с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий оказывает сопоставимое со сточными водами негативное воздействие на качество водных ресурсов. Отходы животноводства и стоки животноводческих комплексов также являются одним из существенных источников загрязнения водных объектов. Большинство организаций животноводства не имеют необходимых систем сбора, хранения, обработки и утилизации сточных вод. Очистные сооружения животноводческих комплексов устарели и пришли в негодность, многие требуют капитального ремонта и реконструкции. Не обезвреженные сточные воды и отходы животноводства стали в последнее время одним из наиболее опасных источников загрязнения водных объектов. Горнодобывающая промышленность и строительные работы оказывают существенное трансформирующее воздействие на водные ресурсы. В Республике Беларусь выявлено свыше 4000 месторождений минерального сырья, из которых более 600 разведано и около 300 разрабатывается. Разработка многих месторождений производится открытым способом, при котором в значительной мере изменяется режим и химический состав поверхностных и подземных вод.

Остро стоят проблемы очистки промышленных сточных вод, обработки и утилизации их осадков. На промышленных предприятиях страны образуется около 164 млн м³ в год сточных вод, содержащих опасные для окружающей среды загрязнения. Очистные сооружения значительной части предприятий имеют большой физический износ, требуют реконструкции и перехода на новые более эффективные технологии. В настоящее время продолжается практика складирования осадков, содержащих тяжелые металлы, на территории предприятий.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС в окружающую среду было выброшено огромное количество радионуклидов. В Республике Беларусь основная часть радиоактивных выпадений поступила на водосборные территории рек Днепр, Припять и их притоков. Именно эти территории долгое время будут являться потенциальными ландшафтными источниками формирования стока радионуклидов в Днепровскую водную систему. Превышений республиканских допустимых уровней по содержанию цезия-137 и стронция-90 в поверхностных водах не наблюдалось. В Республике Беларусь сброс сточных вод осуществляется преимущественно в поверхностные водные объекты [28]. Его доля составляет 89,8 % от общего объема сброса сточных вод в окружающую среду. За последние пять лет данный показатель снизился на 1,3 % и составляет 1 034,5 млн м³, из них 1 018,2 млн м³ – в водотоки.

Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты осуществляется через 635 выпусков, их количество за последние пять лет увеличилось на 107 выпусков в результате организации учета и контроля поверхностных сточных вод. Больше всего выпусков сточных вод организовано в бассейнах рек Неман и Днепр, меньше всего –

в бассейне реки Западный Буг. В структуре сточных вод наибольший объем занимают нормативно очищенные сточные воды – 692,5 млн м³, или 66,9 % от объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. Сброс недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты в 2020 году составил 2,7 млн м³, или 0,3 % от общего объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. В целом за последние пять лет сброс недостаточно очищенных сточных вод сократился на 57,8 %.

Для организации сброса сточных вод в окружающую среду применяется 2 741 очистное сооружение, из них на 319 проводится искусственная биологическая очистка с выпуском в поверхностные водные объекты. Очистка в естественных условиях в 2020 году осуществлялась с применением 1 752 полей фильтрации суммарной площадью 3 677 гектаров и фактическим объемом сброса сточных вод 48,3 млн м³. Степень загрязнения поверхностных вод оценивается путем сравнения концентрации загрязняющих веществ в водных объектах с предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Для оценки степени загрязнения водных объектов по гидрохимическим показателям используются ПДК, принятые для водоемов рыбохозяйственного назначения [28].

Качество поверхностных вод, оценка состояния водных объектов и уровня их загрязнения определяются с использованием утвержденных критериев оценки (показателей качества воды и нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения), показателя качества – индекса загрязненности вод (ИЗВ), показателя превышений ПДК от общего числа определений (повторяемость концентраций выше 1,0 ПДК по конкретному веществу или по сумме ингредиентов), а также экологических показателей (величин БПК₅, концентраций аммонийного азота, фосфора фосфатного и нитратов в реках, общего фосфора и азота в озерах) [28].

Согласно [28] большинство рек Беларуси в соответствии с индексом загрязнения воды, в основу которого положены такие параметры, как растворенный кислород, БПК₅, азот аммонийный и нитритный, нефтепродукты и цинк, относится к категории умеренно загрязненных (ИЗВ изменяются от 0,8 до 2,5) (таблица 2.1). Более высокие значения ИЗВ, как правило, характерны для участков рек ниже крупных промышленных центров.

Таблица 2.1 – Классификация качества воды по ИЗВ

| Класс качества воды | Величина ИЗВ | Характеристика качества |
|---------------------|---------------------|-------------------------|
| I | Менее или равно 0,3 | Чистая |
| II | Более 0,3–1,0 | Относительно чистая |
| III | Более 1,0–2,5 | Умеренно загрязненная |
| IV | Более 2,5–4,0 | Загрязненная |
| V | Более 4,0–6,0 | Грязная |
| VI | Более 6,0–10,0 | Очень грязная |
| VII | Более 10,0 | Чрезвычайно грязная |

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Проанализировать химический состава природной воды, привести обобщенную характеристику химического состава единичного анализа воды [38]. Варианты по выполнению задания даны в таблицах 2.2 и 2.3. Если вместо конкретной величины указан диапазон значений, следует вычислить и использовать среднее значение.

Таблица 2.2 – Химический состав питьевых вод в Беларуси, мг/л

| Номер варианта / название | pH | Ca ⁺ | Mg ⁺ | Na ⁺ + K ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|
| 1 | Святой источник | 7,0 | 20–60 | 5–20 | 4–30 | 15–40 | 4–25 | 50–250 |
| 2 | 202 | 7,1 | 0–50 | 13,4 | 28,6 | 96,1 | 2,9 | 61–115 |
| 3 | Фрост | 8,0 | 5–80 | 2–20 | 1–55 | 2–30 | 1–30 | 80–250 |
| 4 | Байкал 470 | 7,0 | 7–50 | 1–10 | 2–9 | 1–10 | 1–12 | 50–100 |
| 5 | Дарида | 7,5 | 40–80 | 10–30 | 10–60 | 0–30 | 0–30 | 250–400 |
| 6 | Aura | 8,1 | 5–50 | 1–12 | 1–25 | 1–40 | 1–20 | 5–200 |
| 7 | Минская | 8,0 | 50–80 | 14–30 | 16–45 | 18–40 | 24–60 | 210–280 |
| 8 | ВонАqua | 7,5 | 15–30 | 15–30 | 0–60 | 60–130 | 0–50 | 0–100 |
| 9 | Vera | 8,2 | 33,7 | 13,1 | 2,8 | 2,1 | 15,3 | 144,2 |
| 10 | Aqua Way | 7,7 | 90,2 | 24 | 15,4 | 10,6 | 22,6 | 414,8 |

Таблица 2.3 – Химический состав минеральных вод, реализуемых в Беларуси, мг/л

| Номер варианта / название | pH | Ca ⁺ | Mg ⁺ | Na ⁺ + K ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | |
|---------------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|
| 1 | Нарочанская | 7,6 | 50–200 | <100 | 700– 1 300 | 1 000– 1 700 | 300–600 | 200–500 |
| 2 | Боржоми | 8,5 | 92,0 | 36,0 | 1 533,0 | 383,0 | <10 | 3 873,0 |
| 3 | Нарзан | 6,3 | 380,0 | 113,0 | 181,1 | 142,0 | 470,4 | 1 348,1 |
| 4 | Эссентуки 4 | 6,9 | 147,9 | 64,3 | 2 494,0 | 1 738,5 | 2,1 | 4 382,2 |
| 5 | Эссентуки 17 | 6,6 | 98,2 | 75,3 | 3 385,3 | 2 357,2 | 7,4 | 5 551,0 |
| 6 | Минская-4 | 7,7–8,0 | 30–60 | 15–32 | 1 100– 1 700 | 1 500– 2 100 | 330–500 | 180–280 |
| 7 | Боровая | 8,1 | 200– 600 | 20–100 | 5–30 | 0–30 | 800– 1 400 | 150–350 |
| 8 | Дарида | 7,0–8,5 | 30–65 | 10–35 | 990– 1 400 | 1 250– 1 700 | 340–650 | 180–350 |
| 9 | Фрост | 6,56 | 5–50 | 2–25 | 405–835 | 400–1 000 | 10–150 | 200–600 |
| 10 | Березинская-4 | 7,2 | 75–230 | 35–70 | 350–580 | 650–910 | 220–440 | 170–280 |

Задание 2. Рассчитать индекс загрязнения вод (ИЗВ) для поверхностных источников, используя данные таблицы 2.4 [4].

Таблица 2.4 – Данные для расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ), мг/дм³

| Наименование показателя | Варианты | | | | | | | ПДК, мг/дм ³ |
|---|----------|------|-------|------|-------|------|-------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Растворенный кислород | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 6,0 |
| БПК (биохимическое потребление кислорода) | 1,8 | 1,7 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 3,0 |
| Азот аммонийный | 0,11 | 0,12 | – | 0,10 | 0,13 | – | 0,12 | 0,39 |
| Азот нитратный | 0,01 | – | 0,03 | 0,02 | – | 0,03 | 0,01 | 0,08 |
| Фосфор фосфатный | 0,2 | 0,3 | – | 0,4 | – | 0,25 | – | 0,89 |
| Нефтепродукты | – | 0,01 | 0,012 | – | 0,013 | – | 0,013 | 0,05 |

Пример выполнения задания

Задание 1. Определяем минерализацию воды (М).

1 Для этого суммируем все числа в первой строке в столбцах 4–9 (таблица 2.5):

$$79 + 37 + 35 + 12 + 66 + 418 = 647,$$

$$\text{отсюда } M = 647 \text{ мг/л} = 0,647 \text{ г/л} = 0,647 \text{ ‰}.$$

Следовательно, согласно классификации природных вод по минерализации, вода пресная.

Таблица 2.5 – Характеристика химического состава природной воды

| Номер строки | Единица измерения | pH | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ |
|--------------|-------------------|------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | мг/л | 6,92 | 79 | 37 | 35 | 12 | 66 | 418 |
| 2 | мг-экв/л | | 3,95 | 3,04 | 1,52 | 0,34 | 1,37 | 6,85 |
| 3 | мг-экв/л | | 8,51 | | | 8,56 | | |
| 4 | % | | 46 | 36 | 18 | 4 | 16 | 80 |

2 Определяем активную кислотность воды. Вода имеет pH, равный 6,92 (первая строка, столбец 3 (таблица 2.5)), следовательно, вода нейтральная.

3 Преобразуем химический состав воды из мг/л в мг-экв/л, для этого содержание каждого иона, выраженного в мг/л (строка 1 (таблица 2.5)), делим на его эквивалентную массу. Результаты деления показаны в соответствующих столбцах строки 2.

4 Определяем жесткость воды (°Ж). Для этого суммируем содержимое столбцов 4 и 5 строки 2 (см. таблицу 2.5):

$$3,95 + 3,04 = 6,99,$$

$$Ж = 6,99 \text{ мг-экв/л} = 6,99 \text{ °Ж}.$$

Следовательно, вода средней жесткости.

5 Определяем сумму катионов и анионов. Результаты показаны в строке 3 (см. таблицу 2.5). Сумма катионов не совпадает с суммой анионов.

6 Оцениваем величину расхождения между этими суммами. Из большего числа вычитаем меньшее, делим на большее и умножаем на 100.

$$(8,56 - 8,51) / 8,56 \cdot 100 = 0,6.$$

Полученное расхождение (0,6 %) значительно ниже допустимого (5 %), то есть находится в пределах ошибки опыта, и каких-либо дополнительных мер предпринимать не требуется.

7 Определяем долю (%) каждого катиона в сумме катионов и каждого аниона в сумме анионов.

Формулы для расчета:

$$k^+(\text{доли, \%}) = k^+ / \sum k^+$$

$$a^+(\text{доли, \%}) = a^+ / \sum a^+$$

Результаты показаны в строке 3 (см. таблицу 2.5).

8 Определяем класс воды. Из всех анионов только на долю гидрокарбоната приходится более 25 %, следовательно, вода относится к гидрокарбонатному классу.

9 Определяем группу природной воды. В сумме катионов более 25 % приходится и на кальций, и на магний, но магния (36 %) меньше, чем кальция (46 %), следовательно, вода относится к магниево-кальциевому классу.

10 Составляем формулу химического состава единичного анализа воды. Перед формулой последовательно указывают: минерализацию воды (М), кислотность воды (рН), общую жесткость воды (°Ж), в числителе псевдодробь – анионы и их доли, %, в знаменателе – катионы и их доли, %:

$$0,647; 6,92; 6,99 \frac{80\text{HCO}_3^-; 16\text{SO}_4^{2-}; 4\text{Cl}^-}{46\text{Ca}^{2+}; 36\text{Mg}^{2+}; 18\text{Na}^+}.$$

11 Даем полное название природной воды: вода пресная, нейтральная, средней жесткости, гидрокарбонатная, магниево-кальциевая.

Задание 2. Рассчитать индекс загрязнения вод (ИЗВ) для поверхностных источников [4].

Обобщенная оценка состояния поверхностных вод осуществляется по индексу загрязнения вод (ИЗВ), который рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗВ} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \dots + \frac{C_6}{\text{ПДК}_6} .$$

Контрольные вопросы

1 Какие основные компоненты участвуют в формировании химического состава природных вод?

2 Поясните влияние комплекса факторов природного и антропогенного происхождения на качество поверхностных и подземных вод Республики Беларусь.

3 Назовите основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод Республики Беларусь.

4 Назовите основные показатели, контролируемые при сбросе сточных вод в водоемы Республики Беларусь.

5 Какие критерии оценки применяются для оценки качества поверхностных вод и оценки состояния водных объектов Республики Беларусь?

6 Что означает индекс загрязнения воды?

Практическое занятие 3

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ: ИХ ОЦЕНКА, СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Цель занятия: изучить состояние земельных ресурсов Республики Беларусь и степень их деградации на разных типах почв, выполнить экономическую оценку земельных ресурсов на основе затратной, рентной концепций, определить площадь эродированных земельных угодий.

Структура и почвы земельного фонда

Земельные ресурсы – это часть земельного фонда, пригодная для хозяйственного использования. Земельные ресурсы создают основу для ведения сельскохозяйственного производства и лесного хозяйства, для городской и сельской застройки, размещения промышленных предприятий, транспортных коммуникаций и других видов деятельности человека, а также являются основным природным и национальным богатством Республики Беларусь.

Управление земельными ресурсами в республике определяется проводимой государственной земельной политикой, целью которой является повышение эффективности использования и охраны земельных ресурсов как неотъемлемого условия устойчивого социально-экономического развития страны. Земельные отношения регулируются Конституцией Республики Беларусь, подзаконными актами Президента Республики Беларусь, Кодексом Республики Беларусь о земле, а также принимаемыми в соответствии с ними другими актами законодательства.

Земельный фонд Республики Беларусь составляет 207,6 тыс. км². Изменение структуры земельного фонда за 2019–2022 годы представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Динамика структуры земельного фонда Республики Беларусь по видам земель за 2019–2022 годы [22]

| Вид земель | Площадь, тыс. га | | |
|--|------------------|----------|-------------------------|
| | 2019 год | 2022 год | динамика площади земель |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Сельскохозяйственные | 8 390,6 | 8 096,8 | –293,8 |
| Лесные | 8 813,6 | 9 006,6 | +193,0 |
| Под древесно-кустарниковой растительностью | 897,8 | 1 005,3 | +107,5 |
| Под болотами | 801,0 | 731,6 | – 69,4 |
| Под водными объектами | 463,5 | 463,9 | +0,4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------|-------|--------|
| Под дорогами и другими транспортными путями | 379,7 | 363,4 | -16,3 |
| Под застройкой | 392,9 | 502,0 | +109,1 |
| Общего пользования | 121,9 | 107,0 | -14,9 |
| Нарушенные, неиспользуемые и иные земли | 499,0 | 486,3 | -12,7 |

Наибольшие площади земельного фонда занимают лесные и сельскохозяйственные земли, на долю которых приходится более 4/5 площади.

Анализ динамики земельного фонда выявил основные тенденции изменения площади земель по видам их использования:

- устойчивая тенденция к сокращению сельскохозяйственных земель, площадь которых уменьшилась на 293,8 тыс. га;
- увеличение площади земель под лесами и древесно-кустарниковой растительностью (на 193,0 и 107,5 тыс. га соответственно);
- медленный рост количества земель под водными объектами (на 0,4 тыс. га) и сокращение земель под болотами (на 69,4 тыс. га);
- изъятие земель из продуктивного оборота под застройку (109,1 тыс. га);
- постепенное сокращение количества нарушенных, неиспользуемых и иных земель, а также земель под дорогами и местами общего пользования (соответственно на 12,7 и 31,2 тыс. га).

Перераспределение земель в основном связано с реализацией комплекса мероприятий по оптимизации структуры землепользования, предусматривающей вывод из оборота малопродуктивных, зарастающих и заболачиваемых сельскохозяйственных земель, и передача их в другие виды земель.

Важнейшим компонентом земельных ресурсов являются *почвы*. В составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по типовой принадлежности преобладают дерново-подзолистые (34,2 %) и дерново-подзолистые заболоченные (37,2 %) почвы. Значительно меньшие площади занимают торфяно-болотные (11,3 %), дерновые заболоченные и дерново-карбонатные заболоченные (10,2 %), аллювиальные (пойменные) дерновые заболоченные (3,7 %) и антропогенно преобразованные (3,3 %) почвы. Дерново-карбонатные составляют лишь 0,1 % [35].

Значение почвы как основного средства сельскохозяйственного производства определяется ее основным свойством – *плодородием*. Плодородие – это способность почвы удовлетворять потребность растений во всех необходимых им условиях (элементах питания, воде, воздухе, тепле) для нормального роста и развития для производства биомассы.

Система рационального использования земель должна носить природоохранительный, ресурсосберегающий характер и предусматривать комплекс мероприятий по сохранению почв, ограничению воздействия на растительный, животный мир и другие компоненты окружающей среды.

Совокупность процессов, приводящих к изменению функций почвы как элемента природной среды, количественному и качественному ухудшению ее свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земель, называется *деградацией земель*.

Наиболее важными индикаторами деградации земель являются снижение продуктивности, оскудение природного биологического разнообразия, снижение способности противостоять внешним воздействиям.

На территории Республики Беларусь выделяют основные формы деградации земель:

- водная и ветровая эрозия почв;
- химическое, в том числе радиоактивное загрязнение земель;
- ухудшение свойств почв, особенно торфяных, при сельскохозяйственном их использовании;
- деградация торфяных почв на осушенных болотных массивах в результате торфяных пожаров;
- деградация земель в результате добычи полезных ископаемых, дорожного и других видов строительства, а также их затопления и подтопления;
- деградация земель лесного фонда в результате нерационального лесопользования и лесных пожаров;
- деградация земель при чрезмерных рекреационных, технических и других антропогенных нагрузках.

Водная и ветровая эрозия

Эрозия – разрушение верхнего плодородного слоя почвы текучими водами (водная эрозия) или ветром (ветровая эрозия) и снос продуктов этого разрушения.

Эрозионные процессы проявляются на всей территории Республики Беларусь. Основная площадь эродированных почв сосредоточена на землях сельскохозяйственного использования, что обусловлено значительной распаханностью и хозяйственной освоенностью сельхозугодий. В настоящее время площадь эродированных земель составляет 556,5 тыс. га (7,2 %), из которых на долю водной эрозии приходится 6,1 %, ветровой – 1,1 % [41].

Водной эрозии наиболее подвержены почвы северной и центральной частей страны, где преобладают расчлененный холмистый рельеф и почвы тяжелого гранулометрического состава. Она проявляется на склонах в виде плоскостного смыва верхней части почвенного профиля или линейного размыва в глубину.

Ветровая эрозия (*дефляция*) чаще встречается на юге и юго-западе страны, где большие площади занимают легкие по гранулометрическому составу и осушенные торфяно-болотные почвы. Более 60 % пыльных бурь, фиксируемых в Республике Беларусь, приходится на территорию Полесья. Кроме того, примерно 38 % сельскохозяйственных земель относятся к дефляционно опасным, которые при неправильном использовании могут быть подвержены ветровой эрозии.

Интенсивность проявления водно-эрозионных процессов на сельскохозяйственных угодьях зависит от периода года, характера снеготаяния, количества и интенсивности выпадения осадков, рельефа местности. Наиболее активно процессы водной эрозии почв протекают на склонах, которые занимают свыше 30 % пашни страны. На скорость дефляции наибольшее влияние оказывают скорость ветра и гранулометрический состав почв.

При современном характере использования эродированных земель с поверхностным стоком, смываемой и выдуваемой почвой с 1 га ежегодно теряется в среднем 5–20 кг азота, 2–10 кг фосфора, 3–15 кг калия, 5–25 кг кальция и 2–12 кг магния (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Потери основных элементов питания с эрозией почв

| Степень эродированности, величина смыва почвы, т/га в год | Потери, кг/га | | | | |
|---|---------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
| Слабая, 2,1–5,0 | 5 | 2 | 3 | 5 | 2 |
| Средняя, 5,1–10,0 | 10 | 4 | 6 | 10 | 5 |
| Сильная, 10,1–20,0 | 15 | 7 | 10 | 17 | 8 |
| Очень сильная, >20,1 | 20 | 10 | 15 | 25 | 12 |

Потери элементов питания, ухудшение агрофизических, агрохимических, биологических и агротехнических свойств приводит к снижению плодородия эродированных почв, наносит существенный экономический и экологический ущерб. Снижение урожайности возделываемых культур достигает от 5 до 60 %. Продукты эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околотоводных экосистем.

Защита почв от водной и ветровой эрозии заключается в предупреждении этих явлений и предполагает систему организационно-хозяйственных, технологических, агротехнических, лесо- и гидромелиоративных противоэрозионных мероприятий, выполнение которых будет способствовать сохранению эрозионно опасных и восстановлению эродированных земель.

Химическое загрязнение земель

Химическая деградация почв обусловлена ухудшением качества почв под действием химических загрязнителей органической и минеральной природы. Площадь земель, загрязненных химическими веществами, составляет около 0,21 млн га, или 1,0 % территории Республики Беларусь. Химическое загрязнение земель отмечается в районах влияния крупных городов и промышленных центров, придорожных полос основных транспортных автомобильных и железнодорожных

магистралей, на участках складирования коммунальных и промышленных отходов, а также территориях, попавших в зону воздействия техногенных аварий.

Значительное влияние на почву оказывает сельскохозяйственная деятельность. Загрязнение почвы нитратным и аммиачным азотом происходит при чрезмерном внесении минеральных азотных удобрений и органических удобрений. Загрязнение земель средствами химической защиты растений является следствием нарушения технологии их применения, хранения, транспортировки, утилизации остатков пестицидов и тары.

Основными загрязняющими веществами территории городов в концентрациях, превышающих их предельно допустимые концентрации (ПДК), являются тяжелые металлы (кадмий, свинец, цинк), сульфаты и органические загрязнители. Преобладающими загрязняющими веществами на предприятиях топливно-энергетического, химического и нефтехимического комплексов (за исключением объектов, производящих минеральные удобрения) являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), нефтепродукты, полихлорированные бифенилы (ПХБ). Локальное загрязнение почв тяжелыми металлами и оксидами установлено на землях вблизи автомагистралей (Минск – Брест, Минск – Слуцк, Минск – Логойск).

Наиболее опасным видом химического загрязнения почв Республики Беларусь является их радиоактивное загрязнение, обусловленное аварией на Чернобыльской АЭС. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглась территория площадью 46,45 тыс. км² всех областей (однако наиболее пострадали Гомельская, Могилевская и Брестская области). Основными радионуклидами, создающими радиационный фон, являются цезий-137, стронций-90, плутоний-238, 239, 240. По состоянию на 1 января 2023 года остаются загрязненными свыше 1 Ки/км² 825,9 тыс. га сельскохозяйственных земель (10,97 % от общей площади сельскохозяйственных земель) и 1 502,9 тыс. га лесного фонда (15,5 % от общей площади лесного фонда) [25].

На нераспаханных землях радионуклиды сконцентрированы преимущественно в верхнем (5–10 см) слое почв, а на пахотных и пойменных землях проникли на глубину 20 см и больше. В настоящее время отмечается горизонтальная миграция радионуклидов, что вызывает вторичное загрязнение почв и формирование выраженных геохимических аномалий. Горизонтальная миграция происходит с ветром, при пожарах, поверхностным стоком, паводковыми и дождевыми потоками. Определенную роль в горизонтальном перемещении радионуклидов играет хозяйственная деятельность человека. Данные земли требуют постоянных наблюдений и контроля за их состоянием. Такие наблюдения систематически проводятся в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС).

Деграляция торфяных почв

Деграляция торфяных почв является актуальнейшей проблемой современного землепользования и земледелия Республики Беларусь. Торфяные почвы различных типов и с разной мощностью торфяного слоя до начала их интенсивного хозяйственного использования занимали свыше 14,0 % от общей площади республики.

Наибольшее количество торфяных почв (свыше 66,5 %) расположено в регионе Белорусского Полесья. На территории Республики Беларусь преобладают торфяные болота низинного типа, на долю которых приходится около 82 % общей площади торфяного фонда республики.

Наибольшей трансформации торфяные болота подвержены вследствие гидротехнической мелиорации и добычи торфа. В результате мелиоративных мероприятий, проводимых на территории Республики Беларусь в 1960–1980 годах, было осушено около 1 млн га торфяных почв. Мелиоративное освоение болот и заболоченных территорий имело целью изменить протекание природных процессов формирования болот и избыточно увлажненных почв на культурное почвообразование. Это позволяло повысить продуктивность земель, их устойчивость к экстремальным погодным явлениям, увеличить возможности использования данных территорий для сельскохозяйственного производства. Однако мелиоративное освоение торфяных почв и интенсивное их сельскохозяйственное использование со временем привело к возникновению ряда экологических проблем: минерализации торфяного слоя, ускорению деградации почв, нарушению водного режима мелиорированных территорий, трансформации режима и химического состава поверхностных и подземных вод, увеличению числа засух и заморозков.

Болота поглощают углекислый газ и вырабатывают кислород, формируют климат и поддерживают биологическое равновесие. Один гектар естественных болотных угодий способен поглотить около тонны парниковых газов. Когда болото функционирует как природная экосистема, отмершая биомасса не разлагается полностью. Часть ее накапливается в полуразложившемся виде, образуя торфяную залежь. При этом часть углерода аккумулируется в органическом веществе, то есть болото изымает углекислый газ из атмосферы. Когда процесс торфообразования нарушен, что чаще всего является следствием мелиорации, то на смену аккумуляции углерода приходит процесс минерализации органического вещества торфа, который сопровождается интенсивным выделением углекислого газа в окружающую среду. Следовательно, осушенные болота не снижают выбросы парниковых газов, а, наоборот, являются их источником (до 10 % углекислого газа) [17].

Следствием чрезмерного выделения парниковых газов является изменение климата, которое и наблюдается на некоторой территории Республики Беларусь. Среднегодовая температура повысилась на 1,1 °С, увеличилось число и периодичность весенних заморозков.

В результате интенсивного сельскохозяйственного использования мелиорированных торфяных почв на территории Полесья сформировались новые антропогенно преобразованные низкоплодородные почвы. Конечным итогом деградации мелиорированных почв является выход на поверхность подстилающих пород, из которых на Полесье основную площадь занимают песчаные почвы. К сожалению, процесс деградации мелиорированных торфяных почв необратим, предполагается, что площадь таких почв будет ежегодно увеличиваться на 6,0 тыс. га. К настоящему времени полностью деградировано около 190 тыс. га торфяных почв, на которых слой торфа разрушен полностью, а на площади 18,2 тыс. га на поверхность вышли малоплодородные пески [5].

В последние годы мелиоративное освоение новых земель практически не осуществляется. С 2006 года ведется научная программа восстановления болот, в результате которой повторно заболочено и вовлечено в экосистемы 67 тыс. га, в результате чего восстанавливается биоразнообразие, снижается риск торфяных пожаров, появляются рекреационные зоны для отдыха и путешествий. Планируется еще повторно заболотить около 400 тыс. га осушенных торфяников.

Сохранение и использование мелиорированных земель имеет не только экологическую, но и большую социально-экономическую значимость, так как из общей площади всех осушенных земель на долю сельскохозяйственных угодий приходится около 85 %, лесных и других лесопокрытых земель – 11 %, на остальные земли – около 4 %.

Трансформация земель при добыче и переработке полезных ископаемых

Существенным фактором трансформации почв на территории Республики Беларусь является разработка месторождений полезных ископаемых, в результате которой происходит снятие верхнего плодородного слоя, уничтожение растительности, изменение условий землепользования. Степень негативного влияния во многом зависит от способа разработки месторождения, добываемого сырья, объемов добычи полезных ископаемых.

Примером техногенного преобразования земной поверхности является Солигорский район, где шахтным способом ведется добыча калийных солей. За время функционирования ОАО «Беларуськалий» с начала 1960-х годов скопилось свыше 730 млн т твердых глинисто-солевых шламов на площади около 2 тыс. га. В результате ведения подземных горных работ за счет деформации и сдвигов горных пород произошли просадки поверхности земли на территории 120–130 км². В пределах просадок, достигающих нередко 3,5–4 м, происходит деградация почв, развиваются процессы заболачивания и подтопления.

Широко распространенными и эксплуатируемыми видами полезных ископаемых на территории Республики Беларуси являются также торф и нерудные материалы, глины, сырье для производства цемента, керамзита, пески и песчано-гравийные смеси, карбонатные материалы, строительный камень.

Значительную трансформацию земель вызывают жилищное, дорожное, мелиоративное и гидротехническое строительство. Эти виды работ привели к преобразованию земной поверхности на территории свыше 10 тыс. км².

Техногенное преобразование земель не только непосредственно воздействует на земную поверхность, но и активизирует многие процессы, которые ведут к деградации земель (развитие осыпей, размывов, оползней, оврагов, разрушение берегов водных объектов, проявление дефляции почв).

С целью снижения негативных последствий добычи полезных ископаемых на земли и восстановления их природного и хозяйственного потенциала осуществляется комплекс мероприятий по их рекультивации. К наиболее распространенным

направлениям рекультивации относится создание лесных насаждений эксплуатационного или целевого назначения. Для карьерных выработок наиболее перспективным является их обводнение для водохозяйственных и рекреационных целей, в отдельных случаях они могут также использоваться под полигоны нетоксичных отходов. Нарушенные земли в пределах городских и пригородных территорий целесообразно использовать для строительных целей.

Сохранение продуктивности сельскохозяйственных земель

Почвы Беларуси по своему природному потенциалу характеризуются низким плодородием. Средний балл плодородия сельскохозяйственных земель составляет 29 баллов, пахотных – 32 балла [35]. Повышенная кислотность создает неблагоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур. Получение высоких и стабильных урожаев в стране возможно только при условии внесения достаточных доз минеральных и органических удобрений, обеспечивающих положительный баланс основных элементов питания. Потребность в минеральных удобрениях определяется исходя из дозы, необходимой для получения планируемой урожайности.

В результате реализации данного подхода в Беларуси удалось существенно повысить плодородие пахотных почв – нейтрализовать почвенную кислотность, повысить содержание подвижных форм фосфора и калия, улучшить гумусовое состояние почв (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Агрохимические показатели пахотного слоя почв Республики Беларусь [1]

| Область | Показатели | | | |
|---------------------|------------|---|------------------------------|------|
| | Гумус, % | P ₂ O ₅ , мг/кг почвы | K ₂ O мг/кг почвы | pH |
| Брестская | 2,42 | 161 | 185 | 5,72 |
| Витебская | 2,46 | 180 | 190 | 6,07 |
| Гомельская | 2,42 | 204 | 197 | 5,78 |
| Гродненская | 1,88 | 188 | 196 | 5,69 |
| Минская | 2,40 | 160 | 241 | 5,79 |
| Могилевская | 2,04 | 175 | 214 | 5,75 |
| Республика Беларусь | 2,27 | 177 | 207 | 5,80 |

Для улучшения качества земель и увеличения их продукционной способности наряду с минеральными удобрениями применяются *органические*. Для определения потребности в органических удобрениях с учетом соотношения площадей разработаны нормативы, позволяющие установить потребность в органических удобрениях для каждого хозяйства.

Важнейшим агрохимическим приемом повышения эффективного и потенциального плодородия почв является *известкование* кислых почв. Известкование позволяет снизить подвижность тяжелых металлов, активизирует деятельность полезных

микроорганизмов, улучшает режимы азотного и фосфатного питания растений. Известкование почв способствовало сокращению площадей с кислыми почвами, что позволило в конце 1990-х годов перейти к концепции поддерживающего известкования, основная цель которой – сохранение определенного уровня кислотности почв сельскохозяйственных земель. План известкования кислых почв периодически корректируется с целью уточнения объемов химической мелиорации на основании данных агрохимического обследования и изменения экспликации сельскохозяйственных земель страны.

Экономическая оценка земельных ресурсов Беларуси на основе затратной, рентной концепций и смешанного подхода

Экономическая оценка природных ресурсов – это определение в денежном выражении эффекта (ценности) от использования природных ресурсов в заданных социально-экономических условиях. В экономической науке сложилось несколько концептуальных подходов к построению экономической оценки природных ресурсов. Это *затратный способ*, *рентная оценка* и *смешанный способ оценки*, сочетающий первые два. В соответствии с *затратным подходом* оценка природных ресурсов определяется по величине затрат на их добычу, освоение или использование. Основным недостатком рассматриваемого подхода для использования в оценке национального богатства страны является то, что природный ресурс более высокого качества, расположенный в более удобном для освоения месте, получит меньшую стоимость, в то время как его потребительская стоимость будет выше «плохого» ресурса. Таким образом, данный подход менее применим для стимулирования рационального природопользования. Этот метод рассматривается с точки зрения производителя. Наибольшее распространение на территории нашей страны получила *затратная концепция* академика С. Г. Струмилина [35], согласно которой оценкой ресурсов могут служить затраты труда на их освоение и вовлечение в хозяйственный оборот: чем выше прямые затраты труда на освоение ресурсов, тем они «дороже». Что касается качества природных благ, то согласно затратной концепции оно выступает дополнительным фактором меры ценности. Качество сельскохозяйственных земель выражается в плодородии и уровне затрат на получение продукции, поэтому при оценке конкретного участка земли предлагается учитывать урожайность и конкретные затраты.

Основу *рентных оценок* составляет экономический эффект, который может получить потребитель вследствие использования природных благ. Рентный подход основан на предположении, что ресурсы данного вида имеют разную продуктивность в зависимости от их количества, качества и местоположения. В результате при использовании природного ресурса более высокого качества по сравнению с самым «худшим» возникает дополнительный экономический эффект – *дифференциальная рента*. В реальной экономической жизни *рента* – это доход, который получает собственник природного ресурса, сдавая его в аренду или эксплуатируя самостоятельно. Согласно рентному подходу именно этим доходом и определяется ценность природного ресурса [36].

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Используя данные таблицы 3.4, произвести экономическую оценку земельных ресурсов по областям Республики Беларусь на основе методики академика С. Г. Струмилина (затратная концепция) и на основе дифференциальной ренты 1 420 усл. ед.

Таблица 3.4 – Урожайность картофеля и затраты на его производство по областям Республики Беларусь

| Область | Урожайность, ц/га | Затраты на 1 га посевов, усл. ед. |
|---------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Брестская | 292 | 300 |
| Витебская | 327 | 450 |
| Гомельская | 290 | 200 |
| Гродненская | 334 | 240 |
| Минская | 370 | 240 |
| Могилевская | 316 | 350 |
| Республика Беларусь | 327 | 320 |

Задание 2. По данным таблицы 3.5 для каждого варианта задания определить площадь эродированной пашни и потери почвы в результате смыва, а также рассчитать потери макроэлементов (азота, фосфора, калия, кальция и магния) в результате поверхностного смыва почвы. Нормативы потерь макроэлементов из почв пахотных земель в зависимости от степени эродированности приведены в таблице 3.2. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Таблица 3.5 – Данные по эродированности почв

| Номер варианта | Площадь пашни, га | Эродированность, % | Уровень смыва почвы, т/га в год |
|----------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1 | 3 403 | 12,9 | 2,50 |
| 2 | 2 111 | 14,3 | 3,00 |
| 3 | 4 507 | 18,5 | 3,50 |
| 4 | 2 880 | 22,0 | 4,00 |
| 5 | 2 550 | 33,8 | 6,50 |
| 6 | 2 901 | 44,9 | 7,00 |
| 7 | 3 433 | 48,1 | 7,50 |
| 8 | 6 607 | 55,0 | 8,00 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9 | 3 910 | 27,4 | 12,00 |

| Номер варианта | Площадь пашни, га | Эродированность, % | Уровень смыва почвы, т/га в год |
|----------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| 10 | 4 020 | 33,0 | 13,00 |
| 11 | 6 120 | 36,5 | 14,00 |
| 12 | 7 030 | 42,8 | 15,00 |
| 13 | 4 285 | 21,9 | 21,00 |
| 14 | 2 734 | 33,2 | 21,50 |
| 15 | 3 088 | 53,4 | 22,00 |
| 16 | 1 756 | 68,6 | 22,50 |

Пример выполнения задания

Задание 1. Экономическая оценка земель в соответствии с затратной концепцией С. Г. Струмилина выполняется по формуле

$$O_3 = K \left(\frac{y}{m} : \frac{\bar{y}}{\bar{T}} \right), \quad (3.1)$$

где O_3 – экономическая оценка 1 га земли, усл. ед.;

K – средняя стоимость освоения 1 га земли по стране (средняя стоимость освоения 1 га земли по республике – 179 усл. ед.);

$\frac{y}{m}$ – отношение урожайности к затратам на производство земельного продукта на оцениваемом участке;

$\frac{\bar{y}}{\bar{T}}$ – отношение урожайности к затратам на производство земельного продукта в среднем по стране.

Расчет дифференциальной ренты проводится по формуле

$$R = Z_{\text{зам}} - Z_{\text{инд}}, \quad (3.2)$$

где R – дифференциальная рента, усл. ед. / га;

$Z_{\text{зам}}$, $Z_{\text{инд}}$ – замыкающие и индивидуальные затраты на производство продукции соответственно, усл. ед. / га.

Для экономической оценки земель используется следующая формула:

$$O_3 = \frac{R}{r}, \quad (3.3)$$

где O_3 – экономическая оценка 1 га сельхозугодий, усл. ед.;

r – ставка банковского процента, равная 0,08.

Задание 2. Площадь эродированной пашни определяется по формуле

$$S_{э.п} = (S_{п} \cdot K_{э}) : 100,$$

где $S_{э.п}$ – площадь эродированной пашни, га;

$S_{п}$ – площадь пашни, га;

$K_{э}$ – степень эродированности, %;

Потери почвы в результате смыва рассчитываются по формуле

$$П_{п} = S_{э.п} \cdot У_{с.п} ,$$

где $П_{п}$ – потери почвы в результате смыва, т;

$S_{э.п}$ – площадь эродированной пашни, га;

$У_{с.п}$ – уровень смыва почвы, т/га;

Расчет потерь элементов питания в результате смыва проводится по формуле

$$П_{эп} = S_{э.п} \cdot У_{с.э.п} ,$$

где $П_{эп}$ – потери элементов питания в результате смыва, кг;

$S_{э.п}$ – площадь эродированной пашни, га;

$У_{с.э.п}$ – уровень смыва элементов питания с эродированной почвой, кг/га.

Контрольные вопросы

1 Что такое земельные ресурсы и каково их значение?

2 Какова цель государственной земельной политики в Республике Беларусь?

Назовите основные нормативные документы.

3 Что представляет собой структура земельного фонда Республики Беларусь? Назовите основные тенденции изменения площади земель по видам их использования.

4 Охарактеризуйте основные типы почв Республики Беларусь.

5 Определите понятие почвенного плодородия и его значение.

6 Назовите основные причины деградации земель на территории Республики Беларусь.

7 Что такое эрозия почвы? Назовите ее виды, причины возникновения и последствия.

8 Что такое химическое загрязнение земель (в том числе радиоактивное)?

9 Назовите причины деградации торфяных почв.

10 Что такое трансформация земель при добыче и переработке полезных ископаемых?

11 Назовите основные пути сохранения продуктивности сельскохозяйственных земель.

12 Что представляет собой экономическая оценка земельных ресурсов Республики Беларусь на основе затратной, рентной концепций и смешанного подхода?

Практическое занятие 4

ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ: ОЦЕНКА, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Цель занятия: изучить особенности использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, выполнить задания по определению объема углекислого газа, необходимого для формирования стволовой части (древесины) лесообразующих пород, а также определить продукты сгорания органического топлива.

Особенности использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов

Лес – совокупность древесно-кустарниковой растительности, живого напочвенного покрова, диких животных и микроорганизмов, образующая природный комплекс.

В Республике Беларусь леса являются одним из основных возобновляемых природных ресурсов и важнейших национальных богатств. Леса и лесные ресурсы имеют большое значение для устойчивого социально-экономического развития страны, обеспечения ее экономической, энергетической, экологической и продовольственной безопасности.

В соответствии с [19] лес в Республике Беларусь занимает 40,2 % территории страны. На территории Беларуси леса размещены неравномерно. Наибольшей лесистостью характеризуется Гомельская область (47 %), далее следуют Витебская (41,9 %), Могилевская (38,9 %), Минская (без учета г. Минска) (38,4 %), Брестская (36,3 %) и Гродненская область (36 %). Общая площадь земель лесного фонда превышает 9,7 млн га. Леса представлены преимущественно хвойными насаждениями, которые занимают 57,7 % от общей площади. Оставшиеся 43,7 % – лиственные насаждения.

Земли лесного фонда в стране имеют различные категории защитности. Наибольшая доля приходится на эксплуатационные леса – 62,7 %. Значительная часть лесов в стране относится к природоохранным и рекреационно-оздоровительным, которые составляют соответственно 17,6 и 3,4 % от всех лесов. Около 5,2 % лесного фонда принадлежит заповедникам и национальным паркам. В условиях Республики Беларусь 1 га леса в среднем в год выделяет около 35 млн т кислорода.

Экологические проблемы леса Республики Беларусь обусловлены причинами, среды которых:

- изменение климата. На территории страны среднегодовая температура за последние два десятилетия повысилась примерно на 1,3 °С. Количество осадков, за исключением северных районов, сократилось на 2–6 %. В результате этого наблюдается сдвиг климатических зон. Длительные засушливые условия провоцируют резкое понижение уровня грунтовых вод. В условиях ограничения доступа воды и

питательных веществ, хронического недостатка атмосферной влаги для транспирации деревья теряют свои защитные механизмы и начинают усыхать;

- ветровалы и поражения древесины жуками короедами. Короеды выбирают ослабленные одиночные деревья (хвойные породы). Старый валежник, засохшие и больные деревья становятся очагами размножения жука. Ежегодно по всей стране теряется до 20 тыс. га еловых и хвойных лесов;

- лесные пожары. Причинами возникновения пожаров являются частые засушливые летние периоды и результат неосторожного обращения с огнем;

- вырубка лесов. Для получения древесного сырья ежегодно вырубается 28–30 тыс. га спелых древостоев. На вырубаемых площадях ежегодно высаживается до 20–25 тыс. га древесных культур, а остальные площади подвергаются естественному зарастанию. В настоящее время в Республике Беларусь естественные сообщества лесов составляют около 52 %, а искусственные – 48 %;

- загрязнение бытовыми отходами в результате образования на лесных территориях свалок из твердого мусора. Для захоронения 1 т твердых коммунальных отходов требуется около 3 м² площади земли;

- загрязнение радионуклидами. Радиоактивное загрязнение лесов постепенно снижается в связи с естественным распадом радионуклидов. Площадь лесного фонда Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь в зонах радиоактивного загрязнения составляет 19,5 % общей площади лесного фонда.

Защита лесов – лесохозяйственные мероприятия, направленные на предупреждение повреждения или ухудшения состояния лесообразующих пород деревьев, снижение потерь лесных ресурсов в результате воздействия вредителей и болезней, неблагоприятных факторов окружающей среды, хозяйственной и иной деятельности.

Принципы использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов [20]:

- рациональное (устойчивое) использование лесных ресурсов;
- сохранение средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных, рекреационных и иных функций лесов;
- сохранение биологического разнообразия, естественных экологических систем, типичных и редких природных ландшафтов;
- приоритет воспроизводства лесов над лесопользованием;
- платность лесопользования, свободный доступ граждан на территорию лесного фонда для осуществления права общего природопользования за исключением случаев, предусмотренных законодательными актами.

Лесной пожар – стихийное, неуправляемое распространение огня в лесу. Лесные пожары возникают при наличии горючих материалов, условий, способствующих загоранию этих материалов, источника огня. Они начинаются обычно с момента загорания опада, живого напочвенного покрова, лесной подстилки и других горючих материалов.

Источники лесных пожаров бывают:

- природными (молнии, самовозгорание);
- антропогенными (искры, непотушенный костер, осколки стекол в виде линз).

Пожары принято разделять на три вида: низовые, верховые, почвенные.

Низовой пожар характеризуется распространением огня по напочвенному покрову. Горят лесной опад, состоящий из мелких ветвей, коры, хвои, листьев; лесная подстилка, сухая трава и травянистая растительность; живой напочвенный покров из трав, мхов, мелкий подрост и кора в нижней части древесных стволов.

Верховой пожар характеризуется горением крон древостоев. Минимальная скорость распространения верхового огня составляет около 4 500–4 800 м/ч (75–80 м/мин). Верховым пожарам наиболее подвержены хвойные молодняки, заросли кедрового стланика и дуба кустарниковой формы (весной при наличии сухих прошлогодних листьев). Возникновению верховых пожаров в значительной степени способствуют засухи и сильные ветры.

Почвенный пожар развивается в результате «заглубления» огня низового пожара в подстилку и торфяной слой почвы. Почвенные пожары подразделяются: на подстильно-гумусный, при котором горение распространяется на всю толщину лесной подстилки и гумусного слоя, и подземный, или торфяной, при котором горение распространяется по торфянистому горизонту почвы или торфяной залежи под слоем лесной почвы.

Пожаротушение – это процесс прекращения горения, обычно с использованием различных средств и техник.

Существует четыре основных способа пожаротушения: охлаждение, замещение кислорода, изоляция и химическое воздействие:

- *охлаждение*: способ заключается в снижении температуры пламени или горящего материала. Самый распространенный способ охлаждения – это использование воды. Вода эффективна, потому что она поглощает большое количество тепла при испарении, тем самым охлаждая пламя;

- *замещение кислорода*: горение требует кислорода, и, если его достаточно, оно продолжается. Замещение кислорода – это способ пожаротушения, который препятствует доступу кислорода к пламени. Это может быть достигнуто путем использования пены, газа или даже пара;

- *изоляция*: горение может распространяться, если есть доступ к горючим материалам. Изоляция горючих материалов – это способ прекратить распространение пламени. Это может включать в себя удаление горючих материалов из зоны пожара или отделение пламени от горючих материалов физическими барьерами;

- *химическое воздействие*: некоторые средства для тушения пожаров работают путем остановки химической реакции горения. Это могут быть различные химические порошки или газы, которые реагируют с горящим материалом и прекращают реакцию горения.

Методы тушения лесных пожаров подразделяются на косвенные и прямые [16]. *Прямые методы* направлены непосредственно на ликвидацию пламени, а *косвенные* призваны предупредить распространение пожара на другие территории. Тушение косвенным методом особенно эффективно при сильных низовых (горит трава, опавшая листва, мох) и верховых пожарах (затрагивают крону деревьев). Выбор способа тушения пожара зависит от интенсивности горения, вида леса, почв, наличия сил для тушения, метеоусловий.

Выделяют шесть способов тушения лесных пожаров:

1 Захлестывание огня по кромке особенно эффективно при слабом или средней силы низовом пожаре.

2 Засыпка кромки грунтом применяется на песчаных грунтах.

3 Прокладка одинарных или двойных заграждений и опорных минеральных полос производится с помощью спецтехники (тракторы, бульдозеры). Для тушения низовых лесных и торфяных пожаров этот способ особенно эффективен.

4 Отжиг горючими материалами производят от заранее подготовленных оградительных полос. Подходит для тушения всех видов пожаров.

5 Тушение с применением воды и огнетушащих растворов используется как для прямого тушения, так и для косвенного (создание временных полос для предотвращения распространения пламени).

6 Тушение авиацией применяется для снижения интенсивности горения и предоставления возможности прямого воздействия на пожар с земной поверхности.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Определить объем углекислого газа, необходимый для формирования стволовой части (древесины) лесообразующих пород [37].

Процесс выделения кислорода зелеными растениями непосредственно связан с их ростом, который идет достаточно медленно. Оба этих процесса могут быть выражены одной химической реакцией, идущей в различных направлениях. В одном случае атом углерода присоединяет молекулу кислорода, образуя углекислый газ (CO_2), в другом – молекула углекислого газа усваивается растением. При этом она распадается: атом углерода идет на образование древесины, а молекула кислорода выделяется в атмосферу, то есть в процессе образования древесины кислород является побочным продуктом.

Естественно, что древесина состоит не только из углерода. Каждое растение содержит некоторое количество воды и минеральных солей. Известно, что свежесрубленное дерево горит плохо, а после загорания выделяет много водяного пара, что делает дым от влажных дров хорошо заметным издали. Цвет пламени горящей древесины обычно желтый, поскольку из минеральных солей наиболее распространены соли натрия, а именно, его ионы окрашивают пламя в желтый цвет; если дерево росло на почвах, богатых солями калия, то дрова из него дают пламя с фиолетовыми отблесками.

Для выполнения задания необходимо вычислить массу древесного ствола. При этом форма ствола принимается эквивалентной форме цилиндра.

Следовательно, нужно вычислить объем цилиндра и умножить полученное значение на плотность древесины. Далее следует применить правило вычисления массы веществ, участвующих в химической реакции (подробно разобрано в приведенном ниже примере расчета), и объединенный закон газового состояния. Варианты задания для выполнения работы даны в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Варианты заданий для самостоятельной работы

| Номер варианта | Вид древесины | ρ , г/см ³ | I | | II | | III | | IV | | V | |
|----------------|---------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | D, м | h, м |
| 1 | Липа | 0,45 | 1 | 19 | 0,15 | 2 | 0,6 | 19 | 0,9 | 9 | 0,75 | 12,3 |
| 2 | Сосна | 0,5 | 0,9 | 17 | 0,3 | 4 | 0,81 | 2 | 0,4 | 12 | 0,16 | 14,6 |
| 3 | Бук | 0,65 | 0,8 | 15 | 1,01 | 6 | 0,7 | 17 | 1,1 | 7 | 0,92 | 17,1 |
| 4 | Дуб | 0,7 | 0,7 | 13 | 0,79 | 8 | 0,79 | 4 | 0,3 | 14 | 0,7 | 9,6 |
| 5 | Орех | 0,66 | 0,6 | 11 | 0,81 | 10 | 0,8 | 15 | 1,5 | 5 | 0,32 | 1,5 |
| 6 | Груша | 0,72 | 0,5 | 9 | 0,75 | 12 | 1,01 | 6 | 0,1 | 16 | 0,5 | 2,37 |
| 7 | Ясень | 0,74 | 0,2 | 7 | 1,07 | 14 | 0,9 | 13 | 1,07 | 3 | 0,2 | 5,9 |
| 8 | Клен | 0,7 | 0,1 | 5 | 1,5 | 16 | 0,3 | 8 | 0,2 | 18 | 0,38 | 6,78 |
| 9 | Тополь | 0,6 | 0,3 | 3 | 1,1 | 18 | 1 | 11 | 0,75 | 1 | 0,8 | 7,53 |
| 10 | Акация | 0,77 | 0,4 | 1 | 0,9 | 20 | 0,15 | 10 | 0,5 | 20 | 0,74 | 1,24 |

Задание 2. Определить продукты сгорания органического топлива [37]. Варианты задания для выполнения работы даны в таблице 4.2.

При сгорании древесины или каменного угля помимо углекислого газа (CO_2) может образовываться и угарный газ (CO).

Последний легко окисляется кислородом воздуха и при сгорании топлива на открытом воздухе или при наличии интенсивной тяги опасности для человека не представляет. Однако в закрытом помещении угарный газ весьма опасен и может привести к тяжелому отравлению и даже смерти. Это происходит потому, что молекула угарного газа лишь незначительно превосходит по размерам молекулу кислорода. Попадая при дыхании в организм, она необратимо встраивается в молекулу гемоглобина (составляющая крови), которая в нормальных условиях является «транспортном», доставляющим кислород и выводящим продукты окисления (угарный газ) из всех тканей тела человека. Поскольку плотность угарного газа меньше плотности воздуха, то в помещениях без вентиляции он скапливается под потолком. Угарный и углекислый газы не имеют ни цвета, ни запаха, поэтому повышение их концентраций до опасных уровней происходит незаметно для людей, находящихся в помещении. Кроме того, при прохождении над раскаленными углями углекислый газ восстанавливается до угарного ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$), что представляет дополнительную опасность, поскольку ПДК угарного газа значительно меньше, чем углекислого.

При выполнении задания необходимо понимать, что не все допущения, принятые в образце решения, имеют место в реальных условиях. В частности, углекислый и угарный газы, находясь в закрытом помещении, хотя и располагаются друг над другом из-за неодинаковой плотности, но при этом не имеют четкой границы раздела, то есть существует некий слой смешивания.

Таблица 4.2 – Варианты заданий для самостоятельной работы

| Вариант | m , кг | T_1 , °C | P_1 , мм рт. ст. | K | ψ_1 | ψ_2 | l , м | n , м | h , м |
|---------|----------|------------|--------------------|------|----------|----------|---------|---------|---------|
| 1 | 15 | 42 | 780 | 0,75 | 0,1 | 0,15 | 2 | 4 | 2 |
| 2 | 25 | 46 | 784 | 0,83 | 0,18 | 0,17 | 2,5 | 5 | 3,7 |
| 3 | 17 | 50 | 786 | 0,82 | 0,17 | 0,18 | 8 | 3 | 2,75 |
| 4 | 24 | 54 | 785 | 0,76 | 0,19 | 0,19 | 3 | 6 | 2,7 |
| 5 | 19 | 40 | 788 | 0,79 | 0,2 | 0,14 | 3 | 3 | 3,2 |
| 6 | 31 | 58 | 787 | 0,77 | 0,3 | 0,12 | 2 | 4 | 3,7 |
| 7 | 26 | 52 | 783 | 0,78 | 0,21 | 0,13 | 2,5 | 5 | 2,75 |
| 8 | 10 | 48 | 782 | 0,84 | 0,16 | 0,11 | 8 | 3 | 2,7 |
| 9 | 21 | 44 | 789 | 0,85 | 0,14 | 0,1 | 3 | 6 | 3,2 |
| 10 | 37 | 56 | 781 | 0,8 | 0,15 | 0,2 | 3 | 3 | 3,7 |

Пример выполнения задания

Задание 1. Какой объем CO_2 , взятого при нормальных условиях, необходимо поглотить растению, чтобы выросло дерево со следующими параметрами: диаметр ствола $D = 0,8$ м, высота $h = 15$ м, плотность древесины $\rho = 0,08$ т/м³. Принимаем, что вся древесина состоит из углерода и что древесный ствол имеет правильную цилиндрическую форму.

Определяем массу m дерева. Для этого площадь поперечного сечения, равную πr^2 , умножим на h (радиус r равен $D/2 = 0,4$ м) и на ρ , то есть

$$m = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho, \quad (4.1)$$

$$\text{или } m = 3,14 \cdot 15 \text{ м} \cdot (0,4 \text{ м})^2 \cdot 0,08 \text{ т/м}^3 = 0,6 \text{ т} = 600 \text{ кг}.$$

Образование древесины из углекислого газа идет по реакции



Принимаем в уравнении (4.2) массу углекислого газа (CO_2) равной m_1 , массу углерода (C) равной m_2 , а их молекулярные массы равными M_1 и M_2 соответственно.

Воспользуемся соотношением масс реагирующих веществ и их молекулярных масс:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{k_1 \cdot M_1}{k_2 \cdot M_2}, \quad (4.3)$$

где m_1 и m_2 – массы реагирующих веществ;

M_1 и M_2 – их молекулярные массы;

k_1 и k_2 – их стехиометрические коэффициенты (согласно уравнению (4.2) они равны единице).

Атомная масса кислорода равна 16, углерода – 12. Соответственно, молекулярная масса CO_2 (M_1) равна $16 \cdot 2 + 12 = 44$; молекулярная масса углерода принимается равной его атомной массе, то есть $M_2 = 12$. Используя формулу (4.3), получаем

$$m_1 = \frac{m_2 \cdot M_1}{M_2}. \quad (4.4)$$

Подставив данные, получим

$$m_1 = \frac{600 \cdot 44}{12} = 2\,200 \text{ кг.}$$

Известно, что при нормальных условиях 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л. А так как 1 моль CO_2 имеет массу 0,044 кг или 44 г (поскольку масса 1 моля численно равна молекулярной массе), то, умножив число молей CO_2 , содержащихся в 2 200 кг, на 22,4 л, получим искомую величину:

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{2\,200}{0,044} \cdot 22,4 = 1\,120 \text{ м}^3.$$

Ответ: объем CO_2 , взятого при нормальных условиях, равен 1 120 м³.

Задание 2. Какой объем займет угарный газ, выделяющийся при полном сгорании древесины, угля или другого топлива, в помещении со следующими параметрами: длина помещения $l = 4,0$ м; ширина помещения $n = 2,0$ м; высота помещения $h = 3,0$ м. Масса топлива $m = 12$ кг; коэффициент сгорания $k = 0,8$; коэффициент, отвечающий количеству углерода, подвергающегося неполному сгоранию (образующему CO), $\psi_1 = 0,1$; коэффициент, отвечающий количеству углерода, образующего CO во вторичном процессе, $\psi_2 = 0,15$, $T_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$, $P_1 = 780 \text{ мм рт. ст.}$ Определить, с какой высоты помещения будет начинаться зона, заполненная угарным газом. Упрощенно полагаем, что угарный газ располагается вверху и не смешивается с другими газами.

Считаем, что все сгоревшее топливо – чистый углерод. Тогда его количество определяется произведением массы топлива на коэффициент сгорания:

$$m_1 = m \cdot k \quad (4.5)$$

$$\text{или } m_1 = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кг.}$$

При сгорании топлива параллельно идут два процесса:



Часть CO_2 вступает во вторичную реакцию с раскаленными углями:



Масса углерода, участвующего в реакции (4.6), равна

$$m_2 = m_1 \cdot \psi_1 \quad (4.9)$$

$$\text{или } m_2 = 9,6 \cdot 0,1 = 0,96 \text{ кг.}$$

Масса углерода, участвующего в реакции (4.7), равна

$$m_3 = m_1 \cdot \psi_2 \quad (4.10)$$

$$\text{или } m_3 = 9,6 \cdot 0,15 = 1,44 \text{ кг.}$$

Общая масса углерода, образующего CO , равна

$$m_4 = m_2 + m_3 \quad (4.11)$$

$$\text{или } m_4 = 0,96 + 1,44 = 2,4 \text{ кг.}$$

Для простоты будем считать, что весь процесс образования угарного газа идет по реакции (4.7). Исходя из соотношения масс, участвующих в химической реакции (см. пример выполнения задания 1), находим массу образовавшегося угарного газа.

$$m_{\text{CO}} = \frac{m_{\text{C}} \cdot M_{\text{CO}}}{M_{\text{C}}},$$

$$m_{\text{CO}} = \frac{2,4 \cdot 28}{12} = 5,6 \text{ кг.}$$

Молекулярную массу CO находим как сумму атомных масс углерода и кислорода (коэффициенты перед CO и C в уравнении (4.7) взаимно уничтожаются). Объем, который займет это количество угарного газа при нормальных условиях, составляет

$$V_{\text{CO}} = \frac{5,6}{0,028} \cdot 22,4 = 4,480 \text{ м}^3$$

(0,028 кг – масса 1 моля CO; 22,4 л – объем, занимаемый 1 молем газа при нормальных условиях – см. пример выполнения задания 1).

По уравнению объединенного газового закона найдем истинный объем угарного газа при $T = 313$ К:

$$V_{\text{ИСТ}} = \frac{P_0 \cdot V_0 \cdot T_1}{P_1 \cdot T_0},$$

где $V_0 = V_{\text{CO}} = 4,480$ м³; $T_0 = 273$ К; $P_0 = 760$ мм рт. ст.

$$V_{\text{ИСТ}} = \frac{760 \cdot 4,480 \cdot 313}{780 \cdot 273} = 5 \text{ м}^3.$$

Площадь помещения равна $S = l \cdot n = 4 \cdot 2 = 8$ м².

Определим высоту зоны, заполненной угарным газом:

$$h_x = \frac{V_{\text{ИСТ}}}{S} = \frac{5,0}{8} = 0,625 \text{ м}.$$

Следовательно, угарный газ заполнит помещение выше уровня ($h - h_x$) или $3 \text{ м} - 0,625 \text{ м} = 2,375 \text{ м}$.

Ответ: зона, заполненная угарным газом, находится выше уровня 2,375 м.

Контрольные вопросы

1 Назовите причины, которыми обусловлены экологические проблемы леса Республики Беларусь.

2 Перечислите принципы использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.

3 Назовите способы пожаротушения.

4 Какие методы и способы применяются для тушения лесных пожаров?

Практическое занятие 5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Цель занятия: используя текстовую информацию методической части практического задания и приведенные примерные формулировки преимуществ и недостатков энергетических установок, составить сравнительную характеристику различных типов электростанций, произвести экономическую оценку и анализ возможности получения дополнительной прибыли для энергосистемы.

Экологические аспекты невозобновляемых источников энергии

Энергетические ресурсы представляют собой источники механической, химической и физической энергии. Наиболее актуальными видами энергии являются электрическая и тепловая [4].

Около 90 % используемых в настоящее время энергоресурсов составляют невозобновляемые (уголь, нефть, природный газ, уран и т. п.). Состав топлива необходим для определения важнейшей характеристики топлива – теплоты сгорания топлива (теплотворная способность топлива).

Теплота сгорания топлива (Q) – это количество тепловой энергии, которая может выделиться в ходе химических реакций окисления горючих компонентов топлива, измеряется в кДж/кг для твердого или в кДж/м³ для газообразного топлива.

Средняя теплота сгорания горючих компонентов топлива, кДж/кг или кДж/м³:

- соляр – 42 000;
- мазут – 40 200;
- природный газ – 35 800;
- антрацит – 20 900;
- торф – 8 120;
- бурый уголь – 7 900.

Для сравнения различных видов топлива их приводят к единому эквиваленту – *условному топливу*, имеющему теплоту сгорания 20 308 кДж/кг (7000 ккал/кг). Для пересчета реального топлива в условное используется тепловой эквивалент:

$$K = \frac{Q}{29308}.$$

Тепловой эквивалент различных видов топлива:

- нефти – 1,43;
- мазута – 1,37;

- газа природного – 1,22;
- угля – в среднем 0,71;
- торфа – 0,27;
- дров – 0,25.

Важной характеристикой, влияющей на процесс горения твердого топлива, является выход летучих веществ (убыль массы топлива при нагреве его без кислорода при 850 °С в течение 7 мин). По этому признаку *угли* делят на бурые (выход летучих – более 40 %), каменные (10–40 %), антрациты (менее 10 %). Воспламеняемость антрацитов поэтому хуже, но теплота сгорания выше. Это надо учитывать при организации процесса сжигания.

Нефть в сыром виде редко используется как топливо, чаще всего для этой цели идут нефтепродукты. В зависимости от температуры перегонки нефтепродукты делят на фракции: бензиновые (200–225 °С); керосиновые (140–300 °С); дизельные (190–350 °С); соляровые (300–400 °С); мазутные (более 350 °С). В котлах котельных и электростанций обычно сжигается мазут, в бытовых отопительных установках – печное бытовое топливо (смесь средних фракций).

К *природным газам* относится газ, добываемый из газовых месторождений, газ конденсатных месторождений, шахтный метан и др. Основной компонент природного газа – метан (СН₄). В энергетике используется газ, концентрация метана в котором выше 30 % (за пределами взрывоопасности).

Искусственные горючие газы – результат технологических процессов переработки нефти и других горючих ископаемых (нефтезаводские газы, коксовый и доменный газы, сжиженные газы, газы подземной газификации угля и др.).

Из композиционного топлива, как наиболее употребительного, можно назвать брикеты – механическая смесь угольной или торфяной мелочи со связующими веществами (битум и др.), спрессованная в специальных прессах.

Синтетическое топливо (полукокс, кокс, угольные смолы) – в Республике Беларусь не используется.

Расщепляющееся топливо – вещество, способное выделять большое количество энергии за счет торможения продуктов деления тяжелых ядер (урана, плутония). В качестве ядерного топлива используется природный изотоп урана (²³⁵U), доля которого во всех запасах урана менее 1 %.

Традиционная энергетика и ее характеристика

Традиционную энергетику [4] главным образом разделяют на электроэнергетику и теплоэнергетику.

Преобразование первичной энергии в электрическую производится на электростанциях: ТЭС, ГЭС, АЭС.

Производство энергии необходимого вида и снабжение ею потребителей происходят в процессе энергетического производства, в котором можно выделить *пять стадий*:

1) *получение и концентрация энергетических ресурсов*: добыча и обогащение топлива, концентрация напора воды с помощью гидротехнических сооружений и т. д.;

2) *передача энергетических ресурсов к установкам, преобразующим энергию*; она осуществляется перевозками по суше и воде или перекачкой по трубопроводам;

3) *преобразование первичной энергии во вторичную*, имеющую наиболее удобную для распределения и потребления форму (обычно в электрическую и тепловую энергию);

4) *передача и распределение преобразованной энергии*;

5) *потребление энергии*, осуществляемое как в той форме, в которой она доставлена потребителю, так и в преобразованной форме.

Потребителями энергии являются: промышленность, транспорт, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, сфера быта и обслуживания.

Если общую энергию применяемых первичных энергоресурсов принять за 100 %, то полезно используемая энергия составит только 35–40 %, остальная часть теряется, причем большая часть – в виде теплоты.

Основные типы электростанций и их характеристики

Стационарная энергетика Беларуси состоит из тепловых электростанций, атомной электростанции, гидроэлектростанций, а также электростанций, основанных на использовании других источников возобновляемой энергии. Тепловые электрические станции (ТЭС) работают за счет энергии, получаемой при сжигании углеводородного топлива, в основном природного газа, поскольку он является более экологичным, чем мазут и уголь, а также экономически целесообразен.

В 2023 году заработала первая Белорусская атомная электростанция, использующая энергию распада. Электрическая энергия в Беларуси производится также на гидроэлектростанциях (ГЭС), использующих энергию движущейся воды, ветроэлектростанциях, использующих энергию движущихся масс атмосферного воздуха, и солнечных электростанциях, использующих энергию солнца [24].

Преобразование первичной энергии во вторичную, в частности в электрическую, осуществляется на станциях, которые в своем названии содержат указание на то, какой вид первичной энергии в какой вид вторичной преобразуется на них:

- *ТЭС – тепловая электрическая станция* преобразует тепловую энергию в электрическую;

- *ГЭС – гидроэлектростанция* преобразует механическую энергию движения воды в электрическую;

- *ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция* преобразует механическую энергию движения предварительно накопленной в искусственном водоеме воды в электрическую;

- *АЭС – атомная электростанция* преобразует атомную энергию ядерного топлива в электрическую.

В Республике Беларусь более 95 % энергии вырабатывается на ТЭС [4].

Тепловые (ТЭС) – используют следующее топливо: твердое (уголь, торф, горючие сланцы); жидкое (нефть); газообразное (природный, доменный, коксовый газ).

Практически с учетом потерь КПД ТЭС находится в пределах 36–39 %. Это означает, что до 61 % топлива используется «впустую», загрязняя окружающую среду в виде тепловых выбросов в атмосферу. КПД ТЭЦ примерно в 2 раза выше, чем КПД ТЭС. Поэтому использование ТЭЦ является существенным фактором энергосбережения.

Наибольшее распространение получили конденсационные и теплофикационные ТЭС с паровыми турбинами.

– *Конденсационные (КЭС)* – КПД 40–42 % – снабжают потребителей только электрической энергией, преобразуемой из тепловой энергии сгораемого топлива. КЭС строят по возможности ближе к местам добычи топлива, учитывается удобство водоснабжения. Особенность агрегатов КЭС заключается в том, что они недостаточно маневренны: подготовка к пуску, разворот и набор нагрузки требуют от 3 до 6 ч. Поэтому для них предпочтительным является режим работы с равномерной нагрузкой. Они существенно влияют на окружающую среду – загрязняют атмосферу, изменяют тепловой режим источников водоснабжения.

В Республике Беларусь работают две конденсационные электростанции [4]: Лукомльская ГРЭС и Березовская ГРЭС (районные, поскольку обслуживают крупные экономические районы). Лукомльская ГРЭС – самая мощная электростанция в республике, расположена в Новолукомле. Установленная электрическая мощность – 2 889,5 МВт. Станция работает на природном газе. В экономическом плане для Беларуси природный газ является дешевым топливом. Кроме того, природный газ является экологичным углеводородным топливом. Выброс парникового углекислого газа вдвое меньше, чем при сгорании каменного угля той же теплоты сгорания. Березовская ГРЭС имеет установленную электрическую мощность – 1 095 МВт. Топливом является природный газ.

– *Теплофикационные*, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – КПД 70–75 % – снабжают потребителей электрической и тепловой энергией (используется отработанный в турбинах пар); строятся рядом с потребителями тепла (города, крупные промышленные предприятия). Срок службы электростанции с энергоблоками по 300 МВт на 240 атмосфер с высокими параметрами пара составляет 70 лет и более (для ТЭЦ), окупаемость – 7–10 лет.

ГЭС имеют КПД 85–87 % [4]. Снабжают потребителей электрической энергией, преобразуемой из механической энергии движущейся воды, строятся рядом с большим водоразделом, используют возобновляемый источник энергии (воду). Первичный двигатель – гидротурбина. Вырабатывают самую дешевую электроэнергию, основные затраты идут на строительство плотин. ГЭС могут быть сооружены там, где имеются гидроресурсы и условия для строительства, что часто не совпадает с расположением потребителей электроэнергии. Гидроагрегаты высокоманевренны: разворот и набор нагрузки требуют от 1 до 5 мин.

Одной из основных экономических особенностей эксплуатации ГЭС является высокая производительность труда. Затраты труда на единицу мощности на них почти в 10 раз меньше, чем на ТЭС (с учетом затрат труда на добычу топлива и его транспорт), а срок службы самый долгий – 100 лет при очень скорой окупаемости в 8–10 лет. Основные параметры, от которых зависит мощность ГЭС, – это *расход воды*, то есть количество воды, подаваемой на турбину в единицу времени, и *напор-перепад* между водной поверхностью водохранилища и уровнем установки гидроагрегата. Поэтому мощность ГЭС, количество и стоимость вырабатываемой ею электроэнергии в конечном итоге зависят от топографических условий в районе размещения водохранилища и ГЭС.

Наиболее сложные проблемы гидроэнергетики – ущерб, наносимый окружающей среде водохранилищами (уничтожение уникальной флоры и фауны, затопление плодородных почв, климатические изменения, потенциальная угроза проседаний грунта и др.), заиливание гидротурбин, их коррозия, большие капитальные затраты на сооружение ГЭС.

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) имеют КПД 70–75 % [4]. Предназначены для выравнивания суточного графика энергосистемы по нагрузке. В часы минимальной нагрузки они работают в насосном режиме (перекачивают воду из нижнего водоема и запасают энергию); в часы максимальной нагрузки энергосистемы агрегаты ГАЭС работают в генераторном режиме, принимая на себя пиковую часть нагрузки. ГАЭС сооружают в системах, где отсутствуют ГЭС или их мощность недостаточна для покрытия нагрузки в часы пик. Агрегаты высокоманевренны и могут быть быстро переведены из насосного режима в генераторный режим.

Атомные электростанции (АЭС) имеют КПД 35–38 % [4]. Снабжают потребителей электрической энергией, получаемой в результате цепной реакции деления ядер урана ^{235}U . Строятся для электроснабжения целых регионов вблизи источников воды (для охлаждения реактора). Атомные электростанции могут быть сооружены в любом географическом районе, но при наличии источника водоснабжения. Затраты на строительство также внушительные, поэтому срок окупаемости 15–20 лет при эксплуатации в 30–40 лет. Агрегаты, в особенности на быстрых нейтронах, неманевренны, так же как и агрегаты конденсационные (КЭС). Атомные электростанции предъявляют повышенные требования к надежности работы оборудования. Более жесткими становятся экологические требования к АЭС. Атомная энергия не может соревноваться с энергией, производимой на тепловых станциях, стоит только подсчитать издержки от вывода из эксплуатации старых реакторов и утилизации отработанного топлива, а также постоянной реконструкции через каждые 7 лет.

АЭС – это, по существу, тепловые электростанции, которые используют тепловую энергию ядерных реакций. В качестве ядерного горючего используют обычно изотоп урана ^{235}U , содержание которого в природном уране составляет 0,714 %.

Ядерное топливо используют обычно в твердом виде. Наиболее распространенным теплоносителем является вода. Ядерное топливо обладает очень высокой теплотворной способностью (1 кг ^{235}U заменяет 2 900 т угля), поэтому АЭС особенно эффективны в районах, бедных топливными ресурсами.

В природном или слабообогащенном уране, где содержание ^{235}U невелико, цепная реакция на быстрых нейтронах не развивается. Быстрые нейтроны замедляются до тепловых (медленных) нейтронов.

В качестве замедлителей используют вещества, которые содержат элементы с малой атомной массой, обладающие низкой поглощающей способностью по отношению к нейтронам. Основными замедлителями являются вода, графит.

В настоящее время наиболее освоены реакторы на тепловых нейтронах. Такие реакторы конструктивно проще и легче управляемы по сравнению с реакторами на быстрых нейтронах:

- *РБМК* (реактор большой мощности, канальный) – реактор на тепловых нейтронах, водографитовый;
- *ВВЭР* (водо-водяной энергетический реактор) – реактор на тепловых нейтронах, корпусного типа;
- *БН* – реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим натриевым теплоносителем.

Во многих странах атомные станции уже вырабатывают более половины электроэнергии (во Франции – около 75 %, в Бельгии – 65 %), в России – 15 %.

Уроки аварии на Чернобыльской АЭС потребовали существенно повысить безопасность АЭС и заставили отказаться от строительства АЭС в густонаселенных и сейсмоактивных районах. Тем не менее с учетом экологической ситуации атомную энергетику следует рассматривать как перспективную.

Нетрадиционная энергетика и ее характеристика

В настоящее время одним из способов преодоления мирового энергетического кризиса – это масштабное использование возобновляемых источников энергии или нетрадиционных, к которым относятся: солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, энергия океанов и морей в виде аккумулированной теплоты, морских течений, морских волн, приливов и отливов, использование отходов, биомассы [4]. Различают:

- *ПЭС* – приливная электростанция, преобразующая энергию океанических приливов и отливов в электрическую;
- *ВЭС* – ветряная электростанция, преобразующая энергию ветра в электрическую;
- *СЭС* – солнечная электростанция, преобразующая энергию солнечного света в электрическую и т. д.
- *ГТЭС* – геотермальная электростанция, преобразующая энергию земных недр в электрическую.

Современные тенденции в энергопотреблении позволяют говорить о больших перспективах в развитии именно этого направления и уменьшении роли традиционных источников энергии (таблица 5.1) [4].

Таблица 5.1 – Ресурсы возобновляемой энергии

| Первичный вид энергии | Источник энергии | Мировые ресурсы 10 ¹⁵ кВт/ч/г. |
|-----------------------|----------------------|--|
| Механическая | Сток рек | 0,028 |
| | Волны | 0,005–0,05 |
| | Приливы и отливы | 0,09 |
| | Ветер | 0,5–5,2 |
| Тепловая | Воды морей и океанов | 0,1–1,0 |
| | Недра земли | 0,05–0,2 |
| Лучистая | На поверхности земли | 200–280 |
| Химическая | Биомасса и торф | 10 |

В настоящее время возобновляемые энергоресурсы используются незначительно. Их применение требует больших расходов на развитие соответствующей техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно правильно оценить их долю, технически и экономически оправданную для применения.

При планировании энергетики на возобновляемых источниках важно учесть их особенности по сравнению с традиционными невозобновляемыми [4]:

- периодичность действия зависит от природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности;
- низкие плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве;
- применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Например, отходы животноводства и растениеводства на агропромышленных предприятиях одновременно могут служить сырьем для производства метана и удобрений;
- экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости от географических особенностей конкретного региона, с одной стороны, и в зависимости от потребностей в энергии, с другой.

Источники механической энергии имеют следующие КПД:

- ветроустановки – порядка 30 %;
- гидроустановки – 85–87 %;
- волновые и приливные станции – 45 %.

Источники тепловой энергии:

- прямое или рассеянное солнечное излучение – 10–15 %;
- фотопреобразователи (арсенид галлия) – порядка 28,5 %;
- биотопливо – не более 35 %.

Солнечные электростанции [4]. Главный недостаток использования солнечных энергоустановок – непостоянство солнечного излучения в течение суток, его зависимость от времени года. Для обеспечения круглосуточного энергоснабжения требуется аккумулирование энергии. В этой связи рациональна совместная работа гелиотермической и гидроаккумулирующей электростанций.

Большое значение при использовании солнечных энергоустановок имеет прямое превращение солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных элементов, в которых используется явление фотоэффекта. В настоящее время наиболее совершенны кремниевые фотоэлементы. Для территории Республики Беларусь характерны относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение ее в течение суток, года. В этой связи необходимо отчуждение значительных участков земли для сбора солнечного излучения, весьма большие материальные и трудовые затраты.

Ветроэнергетика [4]. В ветроэнергетической установке (ВЭУ) кинетическая энергия движения воздуха приводит в движение ротор генератора, который вырабатывает электроэнергию. Выходная мощность установки пропорциональна площади лопастей ветрового ротора, поэтому ветроэнергетические установки большой мощности оказываются крупногабаритными. Для защиты от разрушения сильными порывами ветра установки проектируются со значительным запасом мощности. Трудности в использовании ветроустановок связаны с непостоянством скорости ветра. Для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы энергии. ВЭУ создают шум и электромагнитные помехи. Устанавливаются такие ВЭУ могут на открытых равнинных участках местности. Территория Республики Беларусь находится в умеренной ветровой зоне. Стабильная скорость ветра составляет 4–5 м/с и соответствует нижнему пределу устойчивой работы отечественных ВЭУ. Это позволяет использовать лишь 1,5–2,5 % ветровой энергии.

Геотермальная электростанция [4] преобразует энергию земных недр в электрическую. Электростанции, в работе которых используется водяной пар, поступающий непосредственно из скважин в турбину генератора, называют станциями прямого типа. Наибольшее распространение получили геотермальные электростанции непрямого типа. Принцип работы заключается в подаче подземной горячей воды под высоким давлением в генераторные установки, расположенные на поверхности. Наиболее экологически чистыми являются геотермальные электростанции смешанного типа. Удачным решением стало то, что кроме подземной воды используют дополнительную жидкость или газ с более низкой точкой кипения. При пропускании через теплообменник горячая вода преобразует дополнительную жидкость до состояния пара, который приводит в действие турбины. Срок службы геотермальных электростанций – 20–25 лет, срок окупаемости, как правило, не превышает 7–10 лет.

Энергия биомассы [4]. Под действием солнечного излучения в растениях образуются органические вещества и аккумулируется химическая энергия. В результате фотосинтеза происходит естественное преобразование солнечной энергии.

Существуют различные энергетические способы переработки биомассы:

- термохимические (прямое сжигание, газификация);
- биохимические (спиртовая ферментация, анаэробная переработка);
- агрохимические (экстракция топлива).

Получаемые в результате переработки виды биотоплива и ее КПД приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Источники биомассы и производимое биотопливо [4]

| Источник биомассы | Энергетический ресурс | Технология переработки | КПД переработки, % |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| Древесные отходы | Пеллеты | Сжигание | 70 |
| Зерновые | Солома | Сжигание | 70 |
| Сахарный тростник, сок | Этанол | Сбраживание | 80 |
| Сахарный тростник, отходы | Жмых | Сжигание | 65 |
| Отходы животноводства | Метан | Анаэробное разложение | 50 |

В климатических условиях Республики Беларусь с 1 га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т сухого вещества, что эквивалентно примерно 5 т усл. т. (тонн условного топлива). Наиболее целесообразно использовать для получения сырья выработанные торфяные месторождения. Широкое использование в качестве биомассы получили отходы животноводческих ферм. Получение из них биогаза может составить 890 млн м³ в год, что эквивалентно 160 тыс. т усл. т. Сдерживающим фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы, большая металлоемкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов [4].

По виду энергии ВЭР разделяются на три группы:

- горючие (или топливные) ВЭР (отходы, содержащие углеродные и углеводородные включения: доменный газ, городской мусор, органические отработанные растворители и т. д.);
- тепловой ВЭР (любые теплоносители, имеющие температуру выше температуры окружающей среды, способные передать тепло для последующего использования: горячие газы и жидкости, являющиеся промежуточными или сбросными в данном технологическом процессе);
- ВЭР избыточного давления (газы и жидкости под давлением, которое можно использовать перед сбросом в окружающую среду).

Энергетический потенциал ВЭР реализуется в утилизационных установках (котлы-утилизаторы, теплообменники, печи, турбины и т. д.). При создании такой техники возникают объективные трудности, связанные с различными ограничениями в транспортировке теплоты и необходимостью ее использования вблизи мест образования тепловых отходов. Применение теплонасосных установок и трансформаторов для утилизации тепловых ВЭР и других местных низкотемпературных источников теплоты позволяет на 20–60 % снизить расходы топлива. Эти системы

используют не только тепловые отходы производства, но и теплоту грунта и коммунальных стоков и др.

Кроме того, огромный резерв теплоты содержит оборотная и повторно используемая вода систем охлаждения машин и рабочих тел в различных технологических процессах. Такая вода имеет температуру 20–40 °С, что не позволяет использовать ее теплоту непосредственно. Выделение же ее в атмосферу наносит природе большой урон из-за теплового загрязнения биосферы.

Следует отметить, что уровень внедрения теплонасосных установок в республике еще невелик. Между тем тепловые отходы образуются практически во всех отраслях промышленности, на всех предприятиях. Только использование теплоты охлаждающей воды позволит в масштабах страны ежегодно экономить до 50 млн т усл. т.

Основные факторы воздействия энергетических объектов на окружающую среду

В процессе горения топлива выбрасывается ряд веществ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду. Их характеристика дана в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Сравнительные данные вредности различных видов органического топлива, в относительных единицах (о. е.) [4]

| Топливо | Относительные слагаемые вредности, о. е. | | | Суммарная вредность, о. е. |
|----------------|--|-----------------|-----------------|----------------------------|
| | Зола | SO ₂ | NO ₂ | |
| Природный газ | – | – | 4,07 | 4,07 |
| Мазут | – | 5,34 | 6,41 | 25,11 |
| Горючие сланцы | 2,59 | 8,57 | 8,16 | 19,32 |
| Антрацит | 0,46 | 3,17 | 6,90 | 11,07 |
| Бурый уголь | 0,33 | 3,87 | 7,56 | 11,76 |

Ежегодно в мире в результате сжигания органических топлив в атмосферу выбрасывается до 100 млн т золы и около 150 млн т сернистого ангидрида. При взаимодействии с атмосферной влагой эти оксиды образуют кислоты, выпадающие в районе высокой концентрации промышленных предприятий в виде «кислотных дождей» (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Годовые расходы топлива и выбросы ТЭС, работающих на органическом топливе, мощностью 1 000 МВт [4]

| Выбросы, млн кг | Вид топлива и его годовой расход | | |
|-----------------|---|----------------------------------|---------------------------------|
| | газ $1,9 \cdot 10^9$ м ³ /год | мазут $1,57 \cdot 10^6$ т/год | уголь $2,3 \cdot 10^6$ т/год |
| SO ₂ | 0,012 | 52,66 | 139,0 |
| NO ₂ | 12,08 | 21,70 | 20,88 |
| Твердые частицы | 0,46 | 0,73 | 4,49 |

В настоящее время электростанции Республики Беларусь работают на мазуте и природном газе, поэтому основная доля газообразных токсичных выбросов приходится на SO₂ и NO₂ (таблица 5.4).

Исследования показывают, что комбинированное производство электрической энергии и тепла на ТЭЦ является самым важным направлением в снижении выбросов CO₂. Кроме диоксида углерода уменьшается количество выбросов SO₂ и NO₂. В отличие от традиционных установок работа АЭС практически не влияет на содержание кислорода и углекислого газа в атмосфере. Основными факторами взаимодействия АЭС с окружающей средой являются радиационное воздействие и тепловое загрязнение. Максимально допустимые выбросы с воздушными потоками АЭС представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Максимально допустимые выбросы АЭС при высоте вентиляционной трубы 100 м [4]

| Вид выбросов | Активность выброса, Бк/сут |
|--|----------------------------|
| Стронций-90 и стронций-89 | $3,7 \cdot 10^7$ |
| Йод-131 | $3,7 \cdot 10^9$ |
| α- и β-активные аэрозоли, кроме изотопов стронция и йода | $1,85 \cdot 10^{10}$ |
| Радиоактивные инертные газы (изотопы криптона и аргона) | $1,33 \cdot 10^{14}$ |

Актуальность рационального использования энергии

Взаимосвязь экологии и энергосбережения выражается простой формулой: экономить энергию – уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду. Какими путями может быть достигнуто снижение потребления топлива? Эти мероприятия относятся к нескольким направлениям [24]:

1 Разработка эколого-безопасных и экономически эффективных технологий добычи, переработки минерального сырья, повышения коэффициента извлечения полезных ископаемых на эксплуатируемых месторождениях. Особенно актуально это в отношении добычи нефти, извлечение которой в условиях Беларуси не превышает 40 %, в то время как новейшие технологии позволяют повысить этот пока-

затель до 60 %. Эффективность использования энергоресурсов определяется степенью преобразования их энергетического потенциала в конечную используемую продукцию, что характеризуется коэффициентом полезного использования энергоресурсов $\eta_{\text{эр}}$:

$$\eta_{\text{эр}} = \eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{и}},$$

где $\eta_{\text{д}}$ – коэффициент добычи, извлечения потенциального запаса энергоресурса (отношение добытого ко всему количеству ресурса);

$\eta_{\text{п}}$ – коэффициент преобразования (отношение полученной энергии ко всей подведенной энергоресурсом);

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент использования энергии (отношение использованной энергии к подведенной к потребителю).

Для нефти $\eta_{\text{эр}} = 30\text{--}40\%$, для газа – 80 %, угля – 40 %.

2 Более эффективное производство, передача и распределение энергии. Реальной экономии топлива можно добиться использованием тепловых энергетических отходов в котельных установках и промышленных печах. Повышенная влажность топлива также снижает температуру его горения и снижает эффективность процесса горения. Не рекомендуются системы отопления с использованием электроэнергии. Рефлекторные отопительные системы не могут быть рекомендованы с экологической точки зрения, к тому же электрические теплонасосы значительно дороже газовых систем.

3 Использование возобновляемых видов энергии (фотоэлектрическая, солнечная энергия, энергия ветра). В Республике Беларусь к наиболее перспективным для развития энергетики относятся возобновляемые источники энергии, так как традиционное сжигание органического топлива наносит значительный вред окружающей среде и является одной из причин глобального изменения климата.

Установки, работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные. Затраты на производство возобновляемой энергии постоянно снижаются, и она со временем может стать конкурентоспособной. *Получение горячей воды с помощью солнечной энергии* для домашнего хозяйства является самой эффективной возможностью использования возобновляемой энергии. Солнечные батареи могут обеспечить около 50 % годовой потребности в горячей воде, с мая по сентябрь они могут полностью обеспечивать эту потребность. Эксплуатационный период СЭУ составляет до 25 лет, а окупиться они могут уже через 6 лет. Для гелиостанций – 40 и 25 лет соответственно.

4 Устойчивое производство биомассы для замены ископаемого топлива. Использование биомассы в виде топлива также дает преимущества для экологии. Биомасса может быть использована в сочетании с органическим топливом – углем, торфом.

5 Производство энергии за счет переработки бытовых и производственных отходов. Утилизация тепловых энергетических отходов способствует снижению

вредных выбросов пропорционально сэкономленному топливу. Особенно наглядной и ощутимой является организация оптимальных топочных процессов и утилизация сбросного тепла в промышленных печах, котельных установках и на других объектах электроэнергетики.

б Развитие гидроэнергетики. Использование энергии водных потоков позволяет наряду со значительным уменьшением выбросов в окружающую среду комплексно решать проблемы водоснабжения, орошения, рекреации, защиты от наводнений. Для этих целей создан целый ряд ГЭС на реках Неман и Западная Двина. Поскольку 90 % поверхностных водных объектов составляют малые реки, стало приобретать актуальность развитие малой гидроэнергетики. По результатам проведенных научных исследований определено 1 170 площадок перспективного размещения установок по использованию гидроэнергетического потенциала на 267 средних и малых реках для включения в государственный кадастр возобновляемых источников энергии. Их расчетный гидроэнергетический потенциал составляет суммарно 294,3 МВт, в том числе для бассейна Днепра – 124,1 МВт, Западной Двины – 71,1 МВт, Немана – 53,6 МВт, Припяти – 41,1 МВт, Западного Буга – 4,4 МВт.

Классификация гидроэлектростанций в зависимости от установленной мощности в различных странах различается. В Республике Беларусь принята используемая в международной терминологии классификация ГЭС в зависимости от установленной мощности:

- крупные ГЭС – мощность от 10 МВт и выше;
- малые ГЭС – мощность от 1 до 10 МВт;
- мини-ГЭС – мощность от 100 кВт до 1 МВт;
- микроГЭС – мощность менее 100 кВт.

Однако наряду с положительной тенденцией развития гидроэнергетики имеют место следующие проблемы, требующие решения. Гидроэнергетика оказывает значительное влияние на изменение экологического состояния водных объектов и, как следствие, приводит к увеличению случаев заморных явлений. Гидроэнергетика влияет на изменение климата. Созданные для нужд ГЭС водохранилища накапливают биогенные вещества, приносимые в составе водных потоков. При их разложении выделяются значительные объемы парниковых газов. Источниками выбросов также являются затапливаемые растения и почва [24].

Подземное тепло в глубоких водоносных горизонтах также является одним из возобновляемых ресурсов. Практика ряда европейских стран показывает, что достаточное для отопления количество тепла может быть получено на базе современных теплонасосных установок, использующих подземные воды с температурой 7–10 °С. Подземные воды с такой температурой встречаются практически повсеместно на территории Республики Беларусь.

Наиболее перспективно использование подземного тепла для маломощных потребителей, прежде всего удаленных от сетей централизованного теплоснабжения (агротурки, санаторно-оздоровительные учреждения, таможенные и пограничные переходы, частный сектор). Суммарная мощность геотермальных установок немного превышает 4 МВт и продолжает увеличиваться. Главным барьером для развития теплоэнергетики с использованием геотермальных

вод сегодня является исключительно высокая себестоимость вырабатываемой энергии по сравнению с традиционными источниками [24].

7 Использование эффективных газотурбинных циклов. На Белорусском газоперерабатывающем заводе (БГПЗ) республиканского унитарного предприятия «Белоруснефть» введена в эксплуатацию когенерационная ТЭЦ на попутном газе (когенерация – комбинированное производство тепловой и электрической энергии). Строительство подобных ТЭЦ является одним из актуальных для Республики Беларусь направлений обеспечения энергетической безопасности, экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения экономической эффективности предприятий. При этом на выработку электрической энергии расходуется условного топлива 140–180 г/(кВт · ч), почти в два раза ниже, чем на вырабатываемой только электроэнергию конденсационной электростанции традиционной энергетики. Так, на Лукомльской ГРЭС (одной из лучших конденсационных электростанций) удельный расход условного топлива составляет 320 г/(кВт · ч); на Минской ТЭЦ-4 (одной из наиболее эффективной в Европе теплофикационной ТЭЦ) удельный расход составляет 212 г/ (кВт · ч). Срок окупаемости комплексов на базе газопоршневых и газотурбинных агрегатов составляет 1–3 года, традиционных паротурбинных энергоблоков – 8–12 лет.

Без традиционной энергетики на базе мощных паровых турбоагрегатов невозможно обеспечить все потребности электроэнергии Республики Беларусь. Однако по оценкам специалистов на белорусских предприятиях могут быть введены в эксплуатацию тысячи эффективнейших энерготехнологических установок и комплексов с суммарной электрической мощностью, превышающей 40 действующих мощностей энергосистемы Республики Беларусь [24].

Задания для самостоятельной работы

Проанализируем зависимость прибыли предприятия от выбросов в окружающую среду.

Следующие числовые примеры показывают влияние загрязнения окружающей среды на прибыль предприятия [4]:

$E = 0,5$ – двукратное превышение нормативных выбросов; 15 % прибыли должно дополнительно отводиться в бюджет района или государства;

$E = 1$ – соблюдение нормы по вредным выбросам; прибыль предприятия при этом не меняется;

$E = 2$ – вредные выбросы вдвое ниже плановых величин; предприятие получает дополнительно 30 % от величины прибыли региона.

Задание 1. Произвести экономическую оценку и анализ возможности получения дополнительной прибыли для энергосистемы. Варианты для выполнения задания даны в таблице 5.6 [4].

Таблица 5.6 – Исходные данные по вариантам

| Вариант | $W_э$, млн кВт·ч | $W_т$, Гкал | Выбросы, тыс. т | Годовой норматив выбросов, тыс. т |
|---------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1 | 4,81 | 3 521 | 3,794 | 12,237 |
| 2 | 4,20 | 3 763 | 3,927 | |
| 3 | 2,98 | 2 441 | 3,807 | 4,518 |
| 4 | 2,80 | 2 687 | 3,644 | |
| 5 | 7,43 | 2 443 | 2,331 | 3,699 |
| 6 | 7,59 | 2 538 | 2,166 | |
| 7 | 14,68 | 3 301 | 14,294 | 20,661 |
| 8 | 14,91 | 3 383 | 12,042 | |
| 9 | 18,90 | 4 112 | 11,802 | 23,135 |
| 10 | 18,49 | 4 257 | 15,088 | |
| 11 | 11,62 | 2 139 | 6,502 | 8,233 |
| 12 | 12,40 | 2 168 | 6,318 | |
| 13 | 3,85 | 3 736 | 8,848 | 1,11 |
| 14 | 4,05 | 3 919 | 14,250 | |

Пусть себестоимость тепло- и электроэнергии (условно взятая):

$C_т = 32$ руб./Гкал;

$C_э = 0,4$ руб./(кВт·ч).

Цена (условно взятая) отпускаемой тепло- и электроэнергии:

$Ц_т = 70$ руб./Гкал;

$Ц_э = 1$ руб./(кВт·ч).

Задание 2. Используя текстовую информацию методической части практического задания и приведенные примерные формулировки преимуществ и недостатков энергетических установок, составить сравнительную характеристику различных типов электростанций и заполнить таблицу 5.7 [4].

Примерные формулировки преимуществ для заполнения таблицы 5.7 по сравнительной характеристике различных типов электростанций: самый распространенный тип; не «привязан» к ресурсам, так как хорошо отлажены поставки сырья; проста в обслуживании; не требует наличия высококвалифицированных кадров; возможность получить дополнительные ценные химические элементы из природной среды; использует неисчерпаемый источник энергии; использует возобновляемый источник энергии; небольшие затраты на строительство; мобильна в регулировании мощности и количества производимой энергии; высокая мощность станции; требует минимальное количество органического сырья; большой срок службы; высокий КПД; малый срок окупаемости; экологически чистый тип – не производит вредных выбросов в окружающую среду; использует дешевое сырье; географически может размещаться вдали от крупных потребителей энергии – городов; вырабатывает два типа энергии одновременно; отсутствие подвижных частей;

снабжение энергией труднодоступных районов; полная независимость от времени суток и года; высокая надежность и стабильность; модульный тип; обеспечение гарантированного энергоснабжения в зонах неустойчивого энергоснабжения, предотвращение аварийных отключений; возможность использования для нужд горячего водо- и теплоснабжения и для выработки электроэнергии [4].

Примерные формулировки недостатков для заполнения таблицы 5.7 по сравнительной характеристике различных типов электростанций: использует исчерпаемый и невозобновляемый источник энергии; осуществляет вредные выбросы в окружающую среду; нарушает водообмен, изменяет скорость вод; «привязан» к природным условиям – не везде можно построить; трудности при монтаже – требует подъемных кранов с грузоподъемностью 600–800 т и специальных дорог с разрешенной нагрузкой; тяготеет к источнику потребления энергии – рационально размещение только в городах; оказывает «тепловое» загрязнение природного компонента; высокая минерализация вод и наличие токсичных соединений, что исключает возможность сброса этих вод в водные системы; малый срок службы; низкий КПД; небольшая мощность станции; большой срок окупаемости; шумовое воздействие; для размещения требуются значительные площади; приводит к подтоплению прилегающих территорий; высокие затраты на строительство; значительные капитальные затраты на бурение скважин и на создание коррозионно-стойкого теплотехнического оборудования; проблема утилизации отходов; в результате аварии – последствия глобального масштаба; локальное оседание грунта; визуальная дисгармония с окружающей средой; требует наличия высококвалифицированных кадров; требует наличия развитой инфраструктуры, транспортных сообщений; необходимость обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт; трудоемкость в обслуживании; производство многослойных элементов сопровождается вредными выбросами; большой расход холодной воды из окружающей среды на конденсаторы; является препятствием для военных радаров; эффективна только для мелкомасштабных производств [4].

Пример выполнения задания

Пусть имеются следующие исходные данные для расчетов: годовой норматив выбросов (W_m) – 12 тыс. т; вредные выбросы предприятия в атмосферу – 3 тыс. т; $W_m = 3\,500$ Гкал; $W_э = 5$ млн кВт·ч.

1 *Рассчитываем превышение выбросов по отношению к годовому нормативу:* $12 / 3 = 4$, то есть выбросы предприятия в 4 раза меньше нормативных.

2 Вредные выбросы вдвое ниже плановых величин, предприятие кроме основной прибыли получает еще 30 % дополнительной прибыли. В данном случае при составлении пропорции имеем, что предприятие получает 60 % дополнительных дотаций от основной прибыли. Теперь можно высчитать основную прибыль предприятия.

3 *Рассчитаем прибыль от производства тепловой энергии по формуле*

$$\text{Прибыль} = \text{цена} - \text{себестоимость.}$$

Зная, что себестоимость всей вырабатываемой тепловой энергии равна

$$C_{\text{общ}} = W_m \cdot C_m = 3\,500 \cdot 32 \text{ р.} = 112\,000 \text{ р.},$$

а цена всей вырабатываемой тепловой энергии равна

$$C_{\text{т.общ}} = W_m \cdot C_{\text{т}} = 3\,500 \cdot 70 \text{ р.} = 245\,000 \text{ р.}$$

Найдем прибыль от производства тепловой энергии:

$$П_{\text{т}} = C_{\text{т}} - C_{\text{общ}} = 245\,000 - 112\,000 = 133\,010 \text{ р.}$$

4 *Аналогично рассчитаем прибыль от производства электрической энергии.* Себестоимость всей вырабатываемой электрической энергии равна

$$C_{\text{э.общ}} = W_{\text{т}} \cdot C_{\text{т}} = 5\,000\,000 \cdot 0,4 = 2\,000\,000 \text{ р.}$$

Цена всей вырабатываемой электрической энергии равна

$$C_{\text{э.общ}} = W_э \cdot C_э = 5\,000\,000 \cdot 1 \text{ р./}(кВт \cdot \text{ч}). = 5\,000\,000 \text{ р.}$$

Прибыль от производства электрической энергии

$$П_э = C_э - C_{\text{э.общ}} = 5\,000\,000 - 2\,000\,000 = 3\,000\,000 \text{ р.}$$

Прибыль от реализации теплоэнергии и прибыль от реализации электроэнергии в совокупности – это основная прибыль предприятия:

$$P_{\text{осн}} = P_{\text{т}} + P_{\text{э}} = 133\,010 + 3\,000\,000 = 3\,133\,010 \text{ р.}$$

Рассчитываем возможность получения дополнительной прибыли (в нашем случае – 60 % от основной прибыли предприятия):

$$P_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 3\,133\,010 = 1\,879\,806 \text{ р.}$$

Общая прибыль предприятия составляет

$$P_{\text{общ}} = 3\,133\,010 + 1\,879\,806 = 5\,012\,816 \text{ р.}$$

Ответ: общая прибыль предприятия составляет 5 012 816 р.

Контрольные вопросы

1 Источником каких вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются энергетические объекты?

2 За счет каких мероприятий можно уменьшить потребление органического топлива?

3 В чем проявляется воздействие вредных выбросов на окружающую среду?

4 Оказывают ли возобновляемые источники энергии отрицательное воздействие на окружающую среду?

5 Чем измеряется потенциальная мощность рек Республики Беларусь?

6 Чему равна установленная мощность малых ГЭС?

7 Какие экологические параметры должны учитываться при строительстве малых ГЭС?

8 Что такое когенерация?

9 Назовите наиболее перспективные водные объекты для строительства ГЭС в Республике Беларусь.

10 Какие вещества выделяются в результате неполного сгорания топлива?

Практическое занятие 6

РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ

Цель занятия: изучить методику и приобрести навыки оценки уровня профессиональной заболеваемости и производственного травматизма.

Правовой основой организации работы по охране труда в Республике Беларусь является Конституция Республики Беларусь (статьи 41 и 45), которой гарантируются права граждан на здоровые и безопасные условия труда, охрану их здоровья [30].

Несчастный случай – событие, в результате которого работающий получил увечье или иное повреждение при исполнении им трудовых обязанностей как на территории работодателя, так и в ином месте, где работающий находился в связи с работой или совершал действия в интересах работодателя, либо во время следования на транспорте, предоставленном работодателем, к месту работы или с работы, и которое повлекло необходимость перевода работающего на другую работу, временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть [30].

Повреждения, возникающие при выполнении трудовых обязанностей работником, влекущие за собой нарушение анатомической целостности тканей, правильного функционирования отдельных органов и потерю трудоспособности на какое-то время называют *производственной травмой*.

Повторение несчастных случаев, связанных с производством, называется *травматизмом*.

Вредные условия труда характеризуются такими производственными факторами, уровни которых выходят за пределы гигиенических нормативов и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и (или) его потомство. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным [30].

Опасные условия труда характеризуются такими производственными факторами, уровни которых значительно выходят за пределы гигиенических нормативов и воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) может создать угрозу для жизни работника, высокий риск развития острых профессиональных заболеваний, в том числе и тяжелых форм [30].

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе действия подразделяют на четыре группы: *физические, химические, биологические и психофизиологические*.

Классификация производственных травм [30]

По количеству пострадавших:

- одиночные (пострадал один человек);
- групповые (пострадало одновременно два и более человека).

В зависимости от характера воздействующих факторов:

- механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясение мозга);
- поражение электрическим током (электроудар, электротравма);
- термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);
- химические повреждения (ожоги, острые отравления);
- комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

По тяжести травм:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу);
- легкая травма (потеря трудоспособности на один или несколько дней);
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособности);
- смертельная травма.

В зависимости от обстоятельств, повлекших появление травм:

- связанные с производством;
- не связанные с производством, но связанные с выполнением работ.

Обстоятельства несчастных случаев, связанных с выполнением работ, а также бытовых травм выясняют страховые делегаты профгруппы и сообщают комиссии охраны труда профсоюзного комитета.

Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний изложены в [30].

Расследование несчастного случая на производстве должно быть проведено в течение трех дней. О каждом несчастном случае на производстве потерпевший (при возможности) или другие работники немедленно сообщают должностному лицу организации, нанимателя, страхователя.

Обязанности должностных лиц – участников расследования:

- при необходимости немедленно организует оказание первой помощи потерпевшему, вызов медицинских работников на место происшествия (доставку потерпевшего в организацию здравоохранения);
- принимает неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- обеспечивает до начала расследования несчастного случая сохранение обстановки на месте его происхождения, а если это невозможно – фиксирование обстановки путем составления схемы, протокола, фотографирования или иным методом.

Причины травматизма и профзаболеваний

Травматизм и профзаболевания могут быть вызваны организационными, техническими, санитарно-гигиеническими, психофизиологическими причинами [39].

Организационные причины травматизма и профзаболеваний зависят от уровня организации труда на предприятии. Это отсутствие или неудовлетворительное проведение обучения и инструктажа, несоблюдение режима труда и отдыха, неправильная организация рабочего места, отсутствие, неисправность или несоответствие условиям работы средств индивидуальной защиты и др.

Технические причины травматизма и профзаболеваний можно характеризовать как причины, не зависящие от уровня организации труда на предприятии, – конструктивные недостатки оборудования, инструментов и приспособлений, несовершенство технологических процессов, средств сигнализации и блокировок и т. д.

Санитарно-гигиенические причины связаны с неблагоприятными метеорологическими условиями труда, повышенными уровнями шума и вибрации, концентрациями вредных веществ в воздухе рабочей зоны, наличием вредных излучений, нерациональным освещением и т. д.

Психофизиологические причины обусловлены физическими и нервно-психическими перегрузками, нервно-эмоциональным перенапряжением, несоответствием условий труда анатомо-физиологическим особенностям работающего, неудовлетворительным психологическим климатом в коллективе и др.

Методы анализа показателей травматизма

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический [39].

Монографический метод предусматривает многосторонний анализ причин травматизма непосредственно на рабочих местах. При этом изучают организацию и условия труда, состояние оборудования, инвентаря, инструментов. Этот метод эффективен при статистическом анализе состояния охраны труда.

Топографический метод анализа позволяет установить место наиболее частых случаев травматизма.

Для этого на плане-схеме предприятия, где обозначены рабочие места и оборудование, отмечают количество несчастных случаев за анализируемый период. Это позволяет уделить больше внимания улучшению условий труда на рабочих местах, где наиболее часто происходят несчастные случаи.

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на организационные и технические мероприятия.

Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Одним из методов, который дает возможность количественно оценить уровень травматизма, профессиональной и общей заболеваемости, является *статистический метод*.

При применении данного метода для оценки травматизма в качестве основных используются следующие показатели [39]:

1 *Коэффициент частоты травматизма* ($K_{\text{ч}}$), рассчитывается по формуле

$$K_{\text{ч}} = \frac{T \cdot 1000}{P}, \quad (6.1)$$

где T – число травм (несчастных случаев) за конкретный период времени (год, месяц);

P – среднесписочное количество работающих в данный период времени.

2 Коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$), характеризующий потери рабочего времени по поводу травм и несчастных случаев, вычисляется по формуле

$$K_{\text{т}} = \frac{Д}{T}, \quad (6.2)$$

где $Д$ – суммарное количество дней нетрудоспособности по всем травмам и несчастным случаям за отчетный период.

Коэффициент тяжести определяет количество дней нетрудоспособности, приходящихся в среднем на одного пострадавшего.

По высокому его показателю (выше среднеотраслевого) можно судить о крайне неблагоприятных условиях труда в производственном подразделении.

Задания для самостоятельной работы

Задание. Известно, что на предприятии число травм и несчастных случаев за отчетный период с потерей трудоспособности свыше трех дней составляет 25; среднесписочное число работающих – 1 100 чел., общее число дней нетрудоспособности из-за травм и несчастных случаев – 28 за год.

Выполнить оценку уровня заболеваний и производственного травматизма:

а) рассчитать коэффициент частоты травматизма на предприятии, определить коэффициент тяжести травматизма;

б) провести анализ полученных результатов: выделить производственные подразделения с наиболее низкими показателями частоты и тяжести травматизма и более высокими;

в) сделать предварительные выводы о причинах разброса полученных расчетных показателей;

г) сделать вывод об уровне безопасности и организации охраны труда на этих предприятиях.

Пример выполнения задания

Задание. Рассчитать коэффициент частоты травматизма на предприятии, определить коэффициент тяжести травматизма, используя данные таблицы 6.1.

Для расчета коэффициента частоты травматизма на предприятии и определения уровня тяжести травматизма применим статистический метод анализа, основанный на изучении количественных показателей, приведенных в отчетах на предприятиях.

Коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$) определяет число травм и несчастных случаев на 1 000 работающих за отчетный период и рассчитывается по формуле (6.1).

С учетом указанных в условии задачи данных получаем

$$K_{\text{ч}} = 25 \cdot 1\,000 / 1\,100 = 22,7 \text{ травм и несчастного случая на } 1\,000 \text{ работающих.}$$

Коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$) показывает среднее число дней нетрудоспособности, приходящееся на один несчастный случай или травму за отчетный период, и определяется по формуле (6.2).

Подставляя в формулу числовые значения приведенных в условии задачи параметров, получаем

$$K_{\text{т}} = 28 / 25 = 1,1 \text{ день нетрудоспособности на один несчастный случай или травму.}$$

Выводы:

Коэффициент частоты травматизма составил 22,7 несчастного случая (травмы) на 1 000 работающих.

Коэффициент тяжести травматизма составил 1,1 дня нетрудоспособности на один несчастный случай (травму).

Полученные значения по расчету производственного травматизма позволяют сделать заключение об эффективности деятельности охранной службы и специалиста по технике безопасности и охране труда сотрудников предприятия.

Таким образом, на предприятии четко работает служба охраны труда персонала организации, включая инструктаж сотрудников в целях обеспечения безопасности их условий труда.

Таблица 6.1 – Варианты данных для определения параметров производственного травматизма, за год

| Показатель | Варианты | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Среднесписочная численность работников, чел. | 283 | 312 | 410 | 271 | 365 | 454 | 318 | 513 | 321 | 256 | 426 | 251 |
| Количество работников, получивших травмы за год | 5 | 7 | 6 | 8 | 7 | 3 | 7 | 8 | 10 | 2 | 3 | 4 |
| Общее количество дней нетрудоспособности работника по причине травматизма | 35 | 43 | 37 | 42 | 33 | 40 | 42 | 46 | 31 | 47 | 40 | 41 |

Мероприятия по оказанию первой помощи

Жизнь человека, получившего тяжелые повреждения, и исход дальнейшего лечения нередко зависят от своевременного и правильного оказания первой доврачебной помощи. В связи с этим очень важно, чтобы человек, оказавшийся на месте происшествия, владел приемами оказания первой помощи. Разрешенный объем и порядок оказания первой помощи лицу без медицинского образования регламентируется в соответствии с [14, 29].

Первая помощь представляет собой комплекс мероприятий, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья человека, проводимых до прибытия медицинских работников [14].

Основными задачами первой доврачебной неотложной помощи являются:

- проведение необходимых мероприятий по ликвидации угрозы для жизни пострадавшего;
- предупреждение возможных осложнений;
- обеспечение максимально благоприятных условий для транспортировки пострадавшего.

Перечень состояний пострадавшего, при которых оказывается первая помощь [14]:

- отсутствие сознания;
- остановка дыхания и кровообращения;
- наружные кровотечения;
- инородные тела в верхних дыхательных путях;
- травмы различных областей тела;
- ожоги, эффекты воздействия высоких температур, теплового излучения;
- отморожение и другие эффекты воздействия низких температур;
- отравления.

Алгоритм действий по спасению жизни и сохранению здоровья пострадавшего показан на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Универсальный алгоритм оказания первой помощи

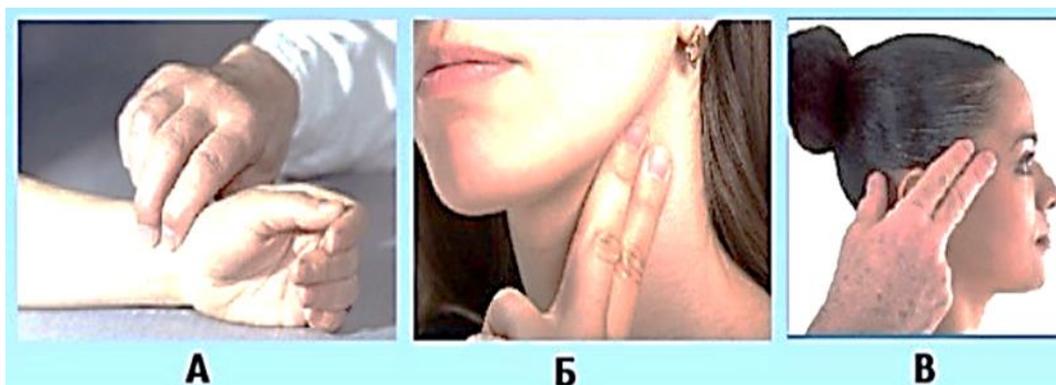
Оценка наличия сознания и дыхания у пострадавшего

При отсутствии реакции необходимо проверить дыхание [18]:

- приблизить ухо ко рту и носу пострадавшего и послушать, есть ли звук входящего и выходящего воздуха;
- определить по движению грудной клетки и живота – лучше, если пострадавший лежит на жесткой поверхности, так более заметны дыхательные движения;
- определить по движению кусочка ваты или бинта, поднесенного к носовым отверстиям.

Если при оценке дыхания выясняется, что у пострадавшего нарушено дыхание, то необходимо незамедлительно начать делать искусственное дыхание.

Способы измерения пульса показаны на рисунке 6.2.



a – на запястье; *б* – большим и указательным пальцем не более 10 секунд с одной стороны шеи; *в* – кончиками пальцев на виске

Рисунок 6.2 – Способы измерения пульса

При отсутствии пульса необходимо незамедлительно приступить к непрямому массажу сердца и искусственной вентиляции легких. В случае если пострадавший лежит на животе или на боку, то оказывающий первую помощь должен оценить жизненно важные функции, не меняя положения его тела [18]:

- наличие сердцебиения, которое определяется рукой или ухом на грудной клетке в области сердца;
- наличие пульса в области крупных артерий;
- наличие дыхания;
- наличие реакции зрачков на свет (при освещении глаза пучком света наблюдается сужение зрачка)

Различают *клиническую и биологическую смерть*.

В период клинической смерти не наблюдаются внешних признаков жизнедеятельности. При этом отсутствует сердечная деятельность и дыхание, однако органы еще сохраняют жизнеспособность. Клиническая смерть длится 5–6 мин при отсутствии необратимых явлений в тканях. К оказанию первой помощи следует приступать именно в этот период времени. После 8–10 мин клинической смерти наступает биологическая смерть. Однако стоит помнить, что при утоплении можно реанимировать в течение 2 ч, в холодное время года и при низких температурах воздуха – до 10 мин. При наступлении биологической смерти полноценное восстановление жизненных функций организма человека уже невозможно из-за развития необратимых процессов в органах и тканях, в первую очередь в клетках мозга и нервной системы. При этом следует помнить, что до 2 ч после наступления биологической смерти может присутствовать запотевание зеркала.

Первая помощь при остановке дыхания

Прежде чем начать реанимационные действия, у пострадавшего надо расстегнуть ворот, снять пояс, стесняющую одежду. Необходимое условие эффектив-

ности *непрямого массажа сердца* – расположение пострадавшего на твердой ровной поверхности на спине. При проведении непрямого массажа сердца руки человека, оказывающего помощь, должны находиться выше конца мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии двух диаметров пальцев руки (~3–4 см). Ось основания кисти должна совпадать с осью грудины (рисунок 6.3) [18].

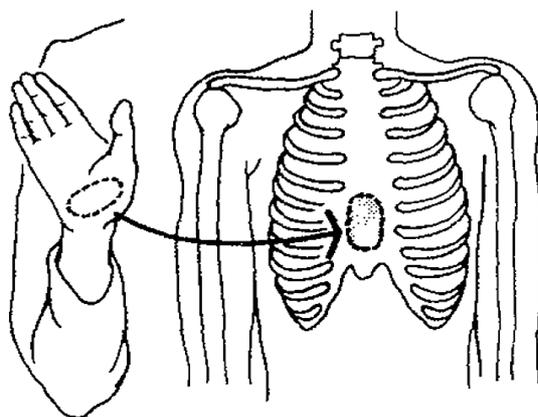


Рисунок 6.3 – Положение рук при проведении непрямого массажа сердца

Основание второй кисти должно находиться на тыльной стороне первой (соответственно оси основания этой кисти) под углом 90° . Пальцы кистей должны быть выпрямлены (рисунок 6.4). Необходимо выпрямить руки в локтевых суставах, расположить их под углом 90° к передней грудной стенке. Глубина продавливания – 3–4 см (с учетом роста, массы тела).

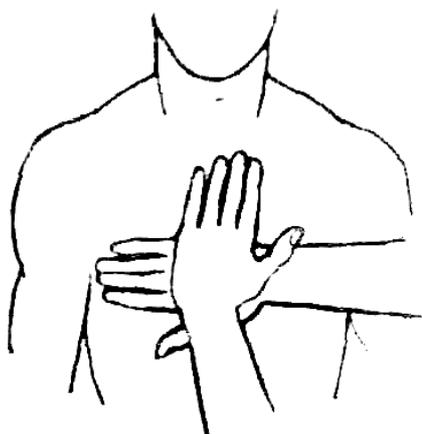


Рисунок 6.4 – Расположение кистей рук при проведении непрямого массажа сердца

Сущность *искусственной вентиляции легких* заключается в имитации вдоха и выдоха. Воздух, выдыхаемый человеком, вполне пригоден для оживления, так как содержит около 17–18 % кислорода. Для проведения искусственного дыхания нужно освободить полость рта от съемных зубных протезов, слизи, слюны и посторонних

примесей пальцем, обернутым в носовой платок, салфетку. В случае необходимости челюсти пострадавшего можно раздвинуть с помощью подручных средств – ложки, палочки, рукоятки ножа и пр. Затем встать сбоку от пострадавшего, глубоко вдохнуть и сделать выдох в рот больного, зажимая при этом его нос. За двумя сильными искусственными вдохами методом «рот ко рту» следуют пятнадцать компрессионных толчков грудины. Если челюсти больного повреждены или сильно сжаты, следует вдвухать воздух в нос пострадавшего. Признаком достаточной эффективности вдвухания воздуха в легкие служит расширение грудной клетки пострадавшего [18].

Методы остановки кровотечений

Кровотечение – это истечение крови из сосудов, наступающее чаще всего в результате их повреждения. При кровотечениях главная опасность связана с возникновением острого недостаточного кровоснабжения тканей и органов [18].

Кровотечения, при которых кровь вытекает из раны или естественных отверстий тела наружу, принято называть *наружными кровотечениями*.

Капиллярные кровотечения возникают при ссадинах и поверхностных ранах кожи и слизистых оболочек. При этом виде кровотечения кровь сочится из поврежденных капилляров, как правило, кровоточит вся раневая поверхность. Кровотечение из капилляров и мелких сосудов останавливается самопроизвольно.

Венозные кровотечения возникают при резаных и колотых ранах. При этом виде кровотечения наблюдается обильное вытекание крови темно-красного цвета.

Артериальные кровотечения возникают при ранении артерий.

Артериальная кровь ярко красного цвета выбрасывается из раны струей в виде фонтана. Интенсивность потери крови зависит от величины поврежденного сосуда и характера ранения.

К временной остановке кровотечения относятся:

- наложение давящей повязки;
- возвышенное положение конечности;
- прижатие сосуда на его протяжении;
- форсированное сгибание конечности;
- наложение жгута.

При капиллярном кровотечении отмечается сравнительно небольшая потеря крови. Такое кровотечение можно быстро остановить. Поэтому ссадину следует сначала обработать перекисью водорода, просушить, а затем наложить на кровоточащий участок чистую марлю. Поверх марли надо положить слой ваты и рану перевязать бинтом. Рану не следует засыпать никакими порошками, а также накладывать на нее мази. Кроме того, запрещается класть непосредственно на рану вату.

Наложение кровоостанавливающего жгута – это наиболее надежный и самый распространенный способ временной остановки артериального кровотечения. Жгут накладывается на конечности выше места кровотечения:

- под жгут необходимо сделать подкладку из полотенца, платка, нескольких слоев бинта;

- не допускается применение в виде жгута тонких предметов типа проволоки или веревки из-за опасности дополнительного повреждения тканей;
- к жгуту или к одежде пострадавшего прикрепить записку с указанием даты и времени наложения жгута;
- конечность со жгутом следует оставить в приподнятом состоянии; в зимнее время ее нужно укутать, но не согревать.

Максимальные сроки наложения жгута – 2 ч летом и 1–1,5 ч – в зимнее время. После истечения 1,5–2 ч жгут снимают на 10–15 мин, затем накладывают снова, но уже на 60 мин – летом, 30 мин – зимой. Несоблюдение указанных сроков может привести к омертвлению конечности.

Первая помощь при ожогах

Ожоги возникают вследствие местного воздействия высокой температуры (термические ожоги), крепких кислот и щелочей (химические ожоги), под действием ультрафиолетового и других видов облучения (лучевые ожоги), электрического или радиационного воздействия [18].

Оказание помощи при термических ожогах:

- отечный участок подставить под струю холодной воды для снижения внутренней температуры;
- не отрывать от обожженной поверхности прилипшую одежду, обрезать ее ножницами;
- наложить стерильные марлевые или чистые повязки из подручного материала (платки, обрывки белья и др.);
- при появлении озноба – укрыть, согреть, дать обильное теплое питье.

При химических ожогах обрывки одежды, пропитанные химическим агентом, немедленно удаляют, кожу обильно моют струей холодной проточной воды в течение 15–20 мин. При ожогах *концентрированными кислотами* обмыть его 2%-м раствором пищевой соды или мыльной водой. При воздействии *щелочей* – нейтрализовать щелочи 2%-м раствором борной кислоты.

Первая помощь при травмах

Травмой или повреждением называются анатомические или функциональные нарушения тканей и органов, возникающие в результате повреждающего действия внешних факторов на организм человека [18].

Перелом. Признаки перелома. При открытом переломе могут быть видны обломки костей. Закрытый перелом распознать труднее. На него указывают изменение формы конечности в месте травмы, невозможность самостоятельных движений, при ощупывании – острая боль в области перелома. При оказании помощи пострадавшему во избежание возможных осложнений и дополнительного травмирования при снятии одежды следует соблюдать следующие правила:

- одежда снимается, начиная со здоровой стороны;

- если одежда пристала к ране, отрывать ее нельзя, нужно обрезать вокруг раны;

- при сильном кровотечении не следует тратить время на снятие одежды, ее надо быстро разрезать и, развернув, освободить место ранения.

При наложении шин следует соблюдать следующие правила:

- наложение шины необходимо производить осторожно, движения сломанной конечностью могут привести к дополнительному повреждению не только мягких тканей, но и крупных кровеносных сосудов и нервов;

- не рекомендуется самому пытаться исправить положение поврежденной кости;

- шину нельзя накладывать на обнаженную часть тела. Перед наложением шину обертывают марлей, одеждой или любой тканью;

- если имеется перелом в области бедра, то шиной должны быть зафиксированы все суставы нижней конечности;

- при наложении шины должны быть зафиксированы не менее двух суставов, расположенных выше и ниже места перелома.

Транспортная иммобилизация достигается путем наложения стандартных транспортных шин или шин из любого подручного материала (палка, доски, лыжи). Пострадавшего можно переносить лишь в том случае, если нет надежды на быстрое прибытие бригады медицинской помощи.

При отсутствии какого-либо транспорта следует осуществить переноску пострадавшего на носилках. При отсутствии стандартных медицинских носилок можно сделать импровизированные из подручных материалов. Такими материалам могут послужить пальто, плащ-палатка, палатка, кусок брезента, лестница, веревка и т. д. За неимением носилок и других подручных средств пострадавшего может перенести на руках один либо несколько человек. Переноска пострадавшего одним спасателем осуществляется на руках, на спине или на плече (рисунок 6.5). Пострадавшего в бессознательном состоянии в полусидячем положении переносят методом «друг за другом». Пострадавшего в сознании можно переносить на «сиденье», образованном из четырех, трех и двух рук.



Рисунок 6.5 – Способы транспортировки пострадавшего

Первая помощь при обморожении

Обморожение – холодовая травма, повреждение тканей организма в результате действия холода. Чаще возникает отморожение нижних конечностей, реже – верхних конечностей, носа, ушных раковин и др. Первая помощь при обморожении:

- убрать от воздействия низких температур (на морозе растирать и греть бесполезно и опасно);
- закрыть сухой повязкой (для уменьшения скорости отогревания);
- медленное согревание в помещении;
- обильное теплое и сладкое питье (согреваем изнутри).

Нельзя при обморожении растирать снегом; согревать резко; пить спиртное.

Первая помощь при отравлении

Отравление возникает при попадании в организм яда, которым может быть отравляющее вещество, оказывающее вредное воздействие, а иногда даже приводящее к летальному исходу. Наиболее типичными признаками отравления служат:

тошнота, рвота, боль в области живота, диарея, психомоторное возбуждение или заторможенность. У больного могут наблюдаться тахикардия или брадикардия, нитевидный пульс, бледность кожных покровов [18].

Задачи первой помощи при отравлении:

- остановить или ограничить поступление яда в организм;
- привести пострадавшего в чувства, при необходимости – провести искусственное дыхание и непрямой массаж сердца;
- как можно скорее вывести уже попавший яд, если это возможно;
- дать пострадавшему выпить 4–5 стаканов теплой воды;
- вызвать рвоту, надавив на корень языка;
- промыть желудок повторно до полного очищения;
- дать пострадавшему запить водой 5 таблеток активированного угля;
- при рвоте в бессознательном состоянии следует повернуть голову пострадавшего набок;
- кислоты и щелочи следует смывать теплой водой, этилированный бензин – холодной. Смывание необходимо проводить не менее 5–10 мин;
- как можно скорее доставить пострадавшего в больницу.

Неотложная помощь при поражении электрическим током:

- оказывающему помощь рекомендуется надеть на руки сухие шерстяные перчатки или обернуть кисти рук сухой тканью, надеть резиновые перчатки, под ноги положить изолирующий материал, чтобы не получить смертельное поражение током;
- как можно скорее отключить пострадавшего от источника электрического тока или проводника, предварительно приняв меры самозащиты;
- оценить состояние пострадавшего и при необходимости немедленно приступить к проведению искусственного дыхания и закрытого массажа сердца;
- наложить сухие асептические повязки на участки электроожога;
- отвезти пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение, транспортировка таких больных должна осуществляться только на носилках.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое несчастный случай и производственная травма?
- 2 Что такое опасный производственный фактор?
- 3 Что такое вредный производственный фактор?
- 4 Дайте классификацию производственных травм.
- 5 Какие существуют методы анализа производственного травматизма?
- 6 В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?
- 7 Какие показатели используются для оценки травматизма?
- 8 В чем заключается цель анализа производственного травматизма и профзаболеваний?
- 9 Как определяется коэффициент частоты травматизма?

- 10 Как определяется коэффициент тяжести травматизма?
- 11 Назовите основные задачи первой доврачебной помощи.
- 12 Какой алгоритм действий по спасению жизни и сохранению здоровья пострадавшего применяется?
- 13 Назовите состояния организма человека, при которых оказывается первая доврачебная помощь.
- 14 Назовите способы измерения пульса.
- 15 Как оказать первую доврачебную помощь пострадавшему при остановке дыхания?
- 16 Назовите виды кровотечений.
- 17 Назовите правила наложения кровоостанавливающего жгута у пострадавшего.
- 18 Назовите способы транспортировки пострадавшего.
- 19 Как оказать первую доврачебную помощь пострадавшему при отравлении?
- 20 В чем заключается неотложная помощь при поражении электрическим током?

Практическое занятие 7

АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

Цель занятия: изучить требования нормативных документов и порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, заполнить фрагмент карты аттестации рабочего места по условиям труда.

Проведение аттестации рабочих мест по условиям труда

Аттестация рабочих мест по условиям труда (далее – аттестация) – система учета, анализа и комплексной оценки на рабочих местах всех факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, воздействующих на работоспособность и здоровье работника в процессе трудовой деятельности [31].

Аттестация рабочих мест в Республике Беларусь – это комплекс мер, который включает в себя выявление рабочих мест с вредными условиями труда, их оценку, а также разработку мероприятий по улучшению условий труда.

Согласно Закону Республики Беларусь «Об охране труда» работодатель обязан обеспечивать проведение аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда.

Аттестация проводится в целях выявления на конкретном рабочем месте работника, занятого на нем полный рабочий день, факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, воздействующих на работоспособность и здоровье работающего в процессе трудовой деятельности, разработки и реализации плана мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах с вредными и (или) опасными условиями труда, определения права работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда, сокращенную продолжительность рабочего времени за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, оплату труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, а также для определения обязанностей нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию работников в соответствии с Законом Республики Беларусь от 5 января 2008 г. № 322-З «О профессиональном пенсионном страховании» (далее – обязанности нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию работников) (в ред. постановлений Совмина от 19.10.2016 № 839, от 28.01.2020 № 49) [12].

Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда определен постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2008 г. № 253 «Об аттестации рабочих мест по условиям труда» (в ред. постановления Совета Министров Республики Беларусь от 03.03.2021 № 125) [31].

Оценка условий труда при аттестации – «Инструкцией по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда», утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22 февраля 2008 г. № 35 (в ред. от 30.01.2020 № 13) [15].

Основные термины и определения

Карта аттестации рабочих мест по условиям труда – документ, содержащий количественные и качественные характеристики факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работников.

Факторы производственной среды – химический, физический, биологический факторы производственной среды, влияющие на организм работника.

Фотография рабочего времени – последовательное фиксирование времени, затрачиваемого работником в течение рабочего дня (смены) на выполнение определенных технологическим процессом операций и перерывы в работе.

Характер труда – степень тяжести и напряженности трудового процесса, выраженная наличием психофизиологических факторов условий труда на рабочем месте.

Безопасность труда – состояние условий труда, при котором исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Непостоянное рабочее место – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50 % или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени.

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда

Аттестация рабочих мест по условиям труда проводится в целях комплексной оценки условий труда на конкретном рабочем месте [2]:

1 выявления на конкретном рабочем месте работника, занятого на нем полный рабочий день, факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, воздействующих на работоспособность и здоровье работающего в процессе трудовой деятельности;

2 разработки и реализации плана мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах с вредными и (или) опасными условиями труда;

3 определения права работника: на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда; сокращенную продолжительность рабочего времени за работу с вредными и (или) опасными условиями труда; дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда; оплату труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;

4 определения обязанностей нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию работников в соответствии с Законом Республики Беларусь от 5 января 2008 г. № 322-З «О профессиональном пенсионном страховании» (п. 2 Положения о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденного постановлением Совмина от 22.02.2008 № 253).

Аттестация проводится на рабочем месте, на котором работник занят с вредными или опасными условиями труда полный рабочий день (рисунок 7.1).

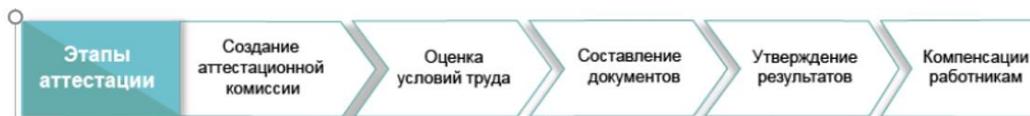


Рисунок 7.1 – Этапы проведения аттестации

Алгоритм проведения аттестации рабочих мест представлен на рисунке 7.2.



Рисунок 7.2 – Алгоритм аттестации рабочих мест

Определение перечня рабочих мест, подлежащих аттестации

Перечень рабочих мест, подлежащих аттестации, определяет аттестационная комиссия [2].

В перечень рабочих мест, подлежащих аттестации, включаются профессии рабочих (должности служащих) и виды работ (независимо от результатов предыдущей аттестации), которые предусмотрены:

1 списком производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда, утвержденным постановлением Совмина от 25 мая 2005 г. № 536;

2 перечнем текстильных производств и профессий для целей профессионального пенсионного страхования работниц, занятых на станках и машинах, утвержденным постановлением Совмина от 9 октября 2008 г. № 1490;

3 разделом I перечня учреждений, организаций и должностей для целей профессионального пенсионного страхования медицинских и педагогических работников, утвержденного постановлением Совмина от 9 октября 2008 г. № 1490;

4 списком производств, цехов, профессий рабочих и должностей служащих с вредными и (или) опасными условиями труда, работа в которых дает право на сокращенную продолжительность рабочего времени, установленным постановлением Минтруда и соцзащиты от 7 июля 2014 г. № 57.

По решению аттестационной комиссии в перечень рабочих мест, подлежащих аттестации, включаются *иные рабочие места при условии* [31]:

- занятости работников на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в течение полного рабочего дня и подтверждения данных условий результатами предыдущей аттестации;

- наличия на рабочих местах вредных и (или) опасных факторов производственной среды выше предельно допустимых концентраций и (или) предельно допустимых уровней, обусловленных технологическим процессом, подтвержденных протоколами измерений и исследований уровней вредных и опасных факторов производственной среды (п. 5 Положения о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда).

Вместе с тем следует отметить, что занятость во вредных и (или) опасных условиях труда должна быть постоянной в течение полного рабочего дня (не менее 80 % от продолжительности ежедневной работы (смены), установленной законодательством), а не эпизодического характера. При этом в 80 % от установленной продолжительности ежедневной работы (смены) включается: подготовительно-заключительное время; оперативное (основное и вспомогательное) время; время обслуживания рабочего места в пределах установленных нормативов времени; время регламентированных перерывов, включаемых в рабочее время (п. 12 Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденной постановлением Минтруда и соцзащиты от 22 февраля 2008 г. № 35) [15].

Для организации и проведения аттестации создаются аттестационные комиссии. Аттестационной комиссии необходимо установить соответствие наименования профессий рабочих и должностей служащих Общегосударственному классификатору Республики Беларусь (ОКРБ) и характера фактически выполняемых работ характеристикам работ, приведенным в соответствующих выпусках Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих (ЕТКС) и Единого квалификационного справочника должностей служащих (ЕКСД). При наличии имеющихся несоответствий аттестационная комиссия подготавливает предложения о внесении изменений в штатное расписание, трудовые книжки работников и другие документы в порядке, установленном законодательством [31].

Измерение уровней опасных факторов производственной среды могут выполнять собственные аккредитованные лаборатории, а также на договорной основе и другие аккредитованные лаборатории. Результаты обследования и запланированные (принятые) меры по устранению выявленных недостатков оформляются протоколом.

Для проведения измерений уровней опасных факторов производственной среды рабочие места должны иметь в совокупности следующие признаки: профессии или должности одного наименования; выполнение одних и тех же профессиональных обязанностей при ведении однотипного технологического процесса в одинаковом режиме работы; использование однотипного оборудования, инструментов, приспособлений, материалов и сырья; работа в однотипных помещениях, где используются однотипные системы вентиляции, кондиционирования воздуха, отопления и освещения, или на открытом воздухе; как правило, одинаковое расположение объектов (оборудования, транспортных средств и т. п.) на рабочем месте; одинаковый набор вредных и (или) опасных факторов производственной среды одного класса и степени. При этом

обследованию подлежит не менее 20 % таких рабочих мест. Сведения о результатах оценки условий труда заносятся в карту аттестации рабочего места и удостоверяются подписями членов аттестационной комиссии и ее председателя. Допускается составление одной карты на группу аналогичных по характеру выполняемых работ и по условиям труда рабочих мест.

Фотография рабочего времени – последовательное фиксирование времени, затрачиваемого работником в течение рабочего дня (смены) на выполнение определенных технологическим процессом операций и перерывы в работе (п. 6 Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда) [15].

Проведение фотографии рабочего времени может быть поручено любому работнику, за исключением тех, на рабочих местах которых осуществляются фотохронометражные наблюдения. Если продолжительность рабочей смены составляет более или менее 8 ч, то фотография рабочего времени может составляться на фактическую продолжительность рабочего дня (смены) (ч. 2 п. 13 Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда) [15].

Аттестация на вновь созданных рабочих местах проводится по мере освоения производственных мощностей в соответствии с утвержденными проектами о новом строительстве и реконструкции объектов производственного назначения, но должна быть завершена в шестимесячный срок со дня создания новых рабочих мест. Днем создания нового рабочего места является день принятия на это рабочее место первого работника. Результаты аттестации, проведенной на новых рабочих местах, применяются со дня создания этих рабочих мест, если они подтверждают право работника на дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда, устанавливают обязанности нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию работников.

Внеочередная аттестация (переаттестация) проводится: в случае изменения законодательства, требующего ее проведение; при изменении условий труда; по требованию органов государственной экспертизы условий труда Республики Беларусь и др.

По итогам аттестации по формам, утверждаемым Министерством труда и социальной защиты, составляются перечень рабочих мест по профессиям, дающим право: на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда; дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда; право на сокращенную продолжительность рабочего времени; право на доплаты за работу с вредными и (или) опасными условиями труда [15].

Перечни рабочих мест, подлежащих аттестации, согласовываются с профсоюзом и утверждаются приказом нанимателя. Аттестация считается завершенной и ее результаты применяются с даты издания приказа нанимателя об утверждении результатов аттестации.

Работники, на рабочих местах которых проводилась аттестация, должны быть ознакомлены с итоговыми документами по результатам аттестации (карта, приказ) под подпись.

Срок действия результатов аттестации – 5 лет. Приказ об утверждении очередной аттестации должен быть издан в день, следующий за последним днем действия результатов предыдущей аттестации.

Если день утверждения очередной аттестации приходится на нерабочий день, то приказ о ее утверждении должен быть издан в рабочий день, непосредственно предшествующий дню утверждения очередной аттестации [15].

Документация по аттестации рабочих мест

За непроведение нанимателем или должностным лицом нанимателя в установленных случаях и нарушение сроков аттестации рабочих мест по условиям труда, либо нарушение порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, либо представление нанимателем либо уполномоченным должностным лицом нанимателя документов по аттестации рабочих мест по условиям труда, содержащих недостоверные сведения, установлена административная ответственность в виде наложения штрафа в размере *от 5 до 50 базовых величин*, а на юридическое лицо – *до 100 базовых величин* (ч. 5 ст. 10.12 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях (КоАП)).

Документами по результатам аттестации являются: приказы, перечни рабочих мест, карты фотографии рабочего времени, карты аттестации рабочих мест по условиям труда, протоколы измерений и исследований, другие документы, необходимые для определения права работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда и установления обязанности нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию. Аттестация считается завершенной со дня издания приказа об утверждении ее результатов, который и считается днем (датой) начала действия ее результатов (ч. 2 п. 13 Положения о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда) [31].

Нанимателем *в месячный срок* после издания приказа об утверждении аттестации (внесении изменений и (или) дополнений в документы по результатам действующей аттестации) *представляются* в управления (отделы) государственной экспертизы условий труда комитетов по труду, занятости и социальной защите областных и Минского городского исполнительных комитетов по месту регистрации нанимателя (постановки на учет иностранной организации, деятельность которой признается деятельностью через постоянное представительство) *документы по результатам аттестации в электронном виде*, сформированные посредством автоматизированной информационной системы мониторинга условий труда на производстве.

Приказы, перечни рабочих мест, карты фотографии рабочего времени, карты аттестации рабочего места по условиям труда, другие документы по аттестации, необходимые для определения права работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда и установления обязанности нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию, хранятся нанимателем в течение 75 лет.

При ликвидации организации (прекращении иностранной организацией деятельности на территории Республики Беларусь через постоянное представительство)

документы по аттестации передаются на хранение в архив (п. 16 Положения о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда) [31].

Принципы классификации условий труда

Условия труда, исходя из гигиенических нормативов, подразделяются на 4 класса (таблица 7.1). Вредные условия труда по степени отклонения параметров производственных факторов от гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников подразделяются на четыре степени вредности (класс 3.1–3.4).

Таблица 7.1 – Классы условий труда

| Класс | Условия труда |
|-------|--|
| 1 | 2 |
| 1 | <i>Оптимальные условия труда</i> характеризуются такими производственными факторами, при которых сохраняется здоровье работников и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные условия труда устанавливаются только для параметров микроклимата и факторов трудового процесса |
| 2 | <i>Допустимые условия труда</i> характеризуются такими производственными факторами, уровни которых не выходят за пределы гигиенических нормативов, а возможные изменения функционального состояния организма, возникающие под их воздействием, восстанавливаются во время регламентированных перерывов или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство |
| 3 | <i>Вредные условия труда</i> характеризуется такими производственными факторами, уровни которых выходят за пределы гигиенических нормативов и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и (или) его потомство |
| 3.1 | 1-я степень 3-го класса характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и воздействие которых вызывает функциональные изменения в организме, восстанавливающиеся при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивают риск повреждения здоровья |
| 3.2 | 2-я степень 3-го класса – характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и вызывают стойкие функциональные изменения в организме, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и в первую очередь теми заболеваниями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет) |
| 3.3 | 3-я степень 3-го класса – характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и приводят к развитию, как правило, профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести (с утратой профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронических (производственно обусловленных) заболеваний, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности |

| 1 | 2 |
|-----|---|
| 3.4 | 4-я степень 3-го класса – характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с утратой общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности. |
| 4 | <i>Опасные условия труда</i> характеризуются такими производственными факторами, уровни которых значительно выходят за пределы гигиенических нормативов и воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) может создать угрозу для жизни работника, высокий риск развития острых профессиональных заболеваний, в том числе и тяжелых форм. При этом работа должна проводиться в соответствующих СИЗ и при строгом соблюдении режимов, регламентированных для такого вида работ и обеспечивающих безопасность для здоровья работников |

На основе комплексной гигиенической оценки условий труда определяется категория профессионального риска (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Классы условий труда и категории профессионального риска

| Класс условий труда | Категория профессионального риска |
|---------------------|---------------------------------------|
| Оптимальный – 1-й | Риск отсутствует |
| Допустимый – 2-й | Пренебрежимо малый (переносимый) риск |
| Вредный – 3.1 | Малый (умеренный) риск |
| Вредный – 3.2 | Средний (существенный) риск |
| Вредный – 3.3 | Высокий (труднопереносимый) риск |
| Вредный – 3.4 | Очень высокий (непереносимый) риск |
| Опасный – 4-й | Сверхвысокий риск для жизни |

Анализ профессионального риска проводится по результатам оценки условий труда и состояния здоровья работников в целях прогнозирования развития и своевременного выявления у работников производственно обусловленных заболеваний, снижения тяжести хронической патологии, обоснования профилактических мер.

Оценка условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда

При проведении аттестации рабочих мест проводится оценка условий труда по следующим факторам: химическому; биологическому; в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны пылей и аэрозолей; виброакустическому; электромагнитным полям и неионизирующим излучениям; работам с источниками ионизирующего излучения; микроклиматическим условиям; параметрам освещения рабочих мест; воздействию аэроионизации; тяжести трудового процесса; напряженности трудового процесса.

Общая оценка условий труда по классу (степени) проводится на основании оценок по всем факторам производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Общая оценка условий труда на рабочем месте устанавливается по наиболее высокому классу и степени вредности.

Оценка факторов производственной среды проводится с учетом времени их воздействия в течение рабочего времени. Если влияние вредного и (или) опасного фактора производственной среды на работника составляет менее 50 и до 10 % (включительно) от продолжительности рабочего времени, класс условий труда по данному фактору снижается на одну степень; при продолжительности воздействия фактора производственной среды на работника менее 10 % от продолжительности рабочего времени производится снижение класса условий труда на две степени. При этом класс условий труда не может быть ниже допустимого (п. 11 Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда).

Доплаты за работу с вредными и (или) опасными условиями труда устанавливаются в процентах от тарифной ставки первого разряда (таблица 7.3) или твердо выраженной денежной величине, определяемой нанимателем самостоятельно на основании коллективного договора, соглашения, иного локального нормативного правового акта, принятых в соответствии с законодательством.

Таблица 7.3 – Размеры доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда

| Класс условий труда | Процент от тарифной ставки первого разряда за 1 ч работы в условиях труда, соответствующих классу |
|---------------------|---|
| 1-й (оптимальные) | 0 |
| 2-й (допустимые) | 0 |
| 3-й (вредные): | |
| 3.1 (1-й степени) | 0,10 |
| 3.2 (2-й степени) | 0,14 |
| 3.3 (3-й степени) | 0,20 |
| 3.4 (4-й степени) | 0,25 |
| 4-й (опасные) | 0,31 |

Задание для самостоятельной работы

Задание. Используя таблицу 7.4, заполнить фрагмент карты аттестации рабочего места по условиям труда (таблица 7.5) в соответствии с вариантом, выданным преподавателем.

Для заполнения фрагмента карты аттестации рабочего места по условиям труда необходимо:

– из таблицы 7.4 в соответствии с вариантом занести в таблицу 7.5 характерные для конкретного рабочего места санитарно-гигиенические условия (фактические значения величин факторов производственной среды и время воздействия фактора);

– установить и занести в таблицу 7.5 нормативные значения, предельно допустимые концентрации (ПДК), предельно допустимые уровни (ПДУ) для соответствующего фактора параметров санитарно-гигиенических условий производственной среды (приложение А «Аттестация рабочих мест по условиям труда», таблицы А.1–А.8);

– установить класс (степень) условий труда путем сопоставления фактических значений факторов с нормативными (регламентированными) (приложение А «Аттестация рабочих мест по условиям труда», таблицы А.9–А.13);

– установить класс (степень) условий труда с учетом времени воздействия фактора;

– провести общую оценку условий труда на рабочем месте (таблица 7.6).

По результатам фрагмента карты аттестации рабочего места по условиям труда установить размеры доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда согласно таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Характеристика условий труда

| Фактор условий труда | Вариант | | | | | |
|--|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ : | | | | | | |
| ацетон | | 250 | | 370 | 220 | 240 |
| сероводород | 25 | 40 | 15 | 16 | 17 | 12 |
| бензин | 160 | 180 | 120 | 125 | 130 | 200 |
| углерода окись | 70 | 60 | 58 | 58 | 61 | 80 |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 60 | 75 | 30 | 80 | 45 | 90 |
| 2 Содержание пыли в воздухе, мг/м ³ : | | | | | | |
| цемент | 17 | 18 | 22 | 30 | 45 | 26 |
| пыль асбестоцемента | 10 | 13 | 15 | 20 | 25 | 10 |
| доломит | 15 | 5 | 8 | 12 | 12 | 13 |
| пыль минеральных удобрений | 5 | 16 | 8 | 4 | 8 | 3 |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 40 | 41 | 30 | 80 | 10 | 25 |
| 3 Уровень шума на постоянном рабочем месте в производственном помещении, дБА | | | | | | |
| | 80 | 88 | 76 | 5 | 90 | 75 |
| Категория напряженности трудового процесса | Легкой степени | Средней степени | Средней степени | Средней степени | Средней степени | Легкой степени |
| Категория тяжести трудового процесса | Легкая | Средняя | Средняя | Тяжелая | Средняя | Средняя |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 55 | 41 | 65 | 50 | 70 | 80 |

| | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| 4 Общая вибрация транспортно-технологическая (виброскорость), дБ | 120 | 135 | 132 | 100 | 120 | 135 |
| Среднегеометрическая частота полосы, Гц | 16 | 31,5 | 63 | 16 | 31,5 | 63 |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 60 | 45 | 70 | 30 | 40 | 80 |
| 5 Локальная вибрация (виброскорость), дБ | 110 | 130 | 100 | 106 | 115 | 130 |
| Среднегеометрическая частота полосы, Гц | 16 | 8 | 63 | 31,5 | 125 | 8 |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 60 | 65 | 70 | 80 | 60 | 80 |
| Фактор условий труда | Вариант | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 Микроклимат в производственном помещении (холодный период года): | | | | | | |
| температура, °С | 15 | 34 | 18 | 28 | 35 | 32 |
| относительная влажность воздуха, % | 79 | 80 | 35 | 65 | 45 | 70 |
| скорость движения воздуха, м/с | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,3 |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 75 | 81 | 65 | 40 | 70 | 50 |
| 7 Освещенность (искусственная) | 60 | 70 | 40 | 50 | 80 | 180 |
| Разряд зрительной работы | IV | IV | IV | V | V | IV |
| Характеристика фона | Светлый | Темный | Средний | Средний | Темный | Светлый |
| Контраст объекта с фоном | Малый | Средний | Малый | Большой | Малый | Большой |
| Продолжительность действия, % рабочей смены | 60 | 51 | 54 | 42 | 65 | 68 |

Таблица 7.5 – Результаты оценки факторов производственной среды (выдержка из карты аттестации рабочего места по условиям труда)

| Факторы и показатели производственной среды | Гигиенические нормативы (ПДК, ПДУ) | Фактическая величина | Класс (степень) условий труда | Время воздействия фактора | Класс (степень) условий труда с учетом времени воздействия фактора |
|---|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| 1 Химический фактор, мг/м ³ | | | | | |
| Итоговая оценка фактора | | | | | |
| 2 Пыли, аэрозоли, мг/м ³ | | | | | |
| Итоговая оценка фактора | | | | | |
| 3 Шум, дБА, дБ | | | | | |
| 4 Вибрация общая, дБ | | | | | |
| 5 Вибрация локальная, дБ | | | | | |
| 6 Микроклимат: | | | | | |
| 6.1 Температура воздуха, °С | | | | | |
| 6.2 Относительная влажность, % | | | | | |
| 6.3 Скорость движения воздуха, м/с | | | | | |
| Итоговая оценка фактора | | | | | |
| 7 Освещенность | | | | | |

Таблица 7.6 – Общая оценка условий труда на рабочем месте

| Фактор | Класс условий труда | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|------------|---------|-----|-----|-----|---------|
| | оптимальный | допустимый | вредный | | | | опасный |
| | 1-й | 2-й | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 4-й |
| Химический | | | | | | | |
| Пыли, аэрозоли | | | | | | | |
| Шум | | | | | | | |
| Вибрация общая | | | | | | | |
| Вибрация локальная | | | | | | | |
| Микроклимат | | | | | | | |
| Освещение | | | | | | | |
| Общая оценка условий труда | | | | | | | |

Контрольные вопросы

- 1 Что вы понимаете под термином «аттестация рабочих мест по условиям труда»?
- 2 Назовите цели проведения аттестации рабочих мест по условиям труда.
- 3 Назовите нормативные документы, определяющие порядок аттестации рабочих мест по условиям труда.
- 4 Какие действия осуществляются по аттестации на основании приказа о проведении аттестации рабочих мест?
- 5 Кто определяет перечень рабочих мест, подлежащих аттестации?
- 6 Какие вы можете назвать классы условий труда, исходя из гигиенических нормативов?
- 7 Что такое фотография рабочего времени?
- 8 Как проводится оценка факторов производственной среды с учетом времени их воздействия в течение рабочего времени?
- 9 Кому может быть поручено проведение фотографии рабочего времени?
- 10 Если продолжительность рабочей смены составляет более или менее 8 часов, то как определяется фотография рабочего времени?
- 11 Как проводится аттестация на вновь созданных рабочих местах?

- 12 Какой день является днем создания нового рабочего места?
- 13 Для чего проводится внеочередная аттестация (переаттестация)?
- 14 Как знакомят работников с итоговыми документами по результатам аттестации?
- 15 Когда аттестация считается завершенной и ее результаты применяются?
- 16 Какой устанавливается порядок для проведения аттестации рабочих мест по условиям труда?
- 17 Если день утверждения очередной аттестации приходится на нерабочий день, то в какой день издается приказ о ее утверждении?
- 18 С какого дня аттестация считается завершенной? В какой срок направляются документы по аттестации в органы государственной экспертизы условий труда?
- 19 Какие компенсации предоставляются работникам по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда?

Практическое занятие 8

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Цель занятия: ознакомиться со средствами индивидуальной защиты, их назначением и защитными свойствами, правилами применения; получить практические навыки в подборе средств индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты работающих

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) – средства защиты, надеваемые на тело человека или его части и (или) используемые им, предназначенные для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения и при работе в неблагоприятных температурных условиях [2] (рисунок 8.1).

В соответствии со ст. 28 Закона «Об охране труда» [9] работодатель обязан бесплатно обеспечить работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением и (или) выполняемых в неблагоприятных температурных условиях, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обеззараживающими средствами, а также организовать должное содержание (хранение, стирку, чистку, ремонт, дезинфекцию, обеззараживание) СИЗ.

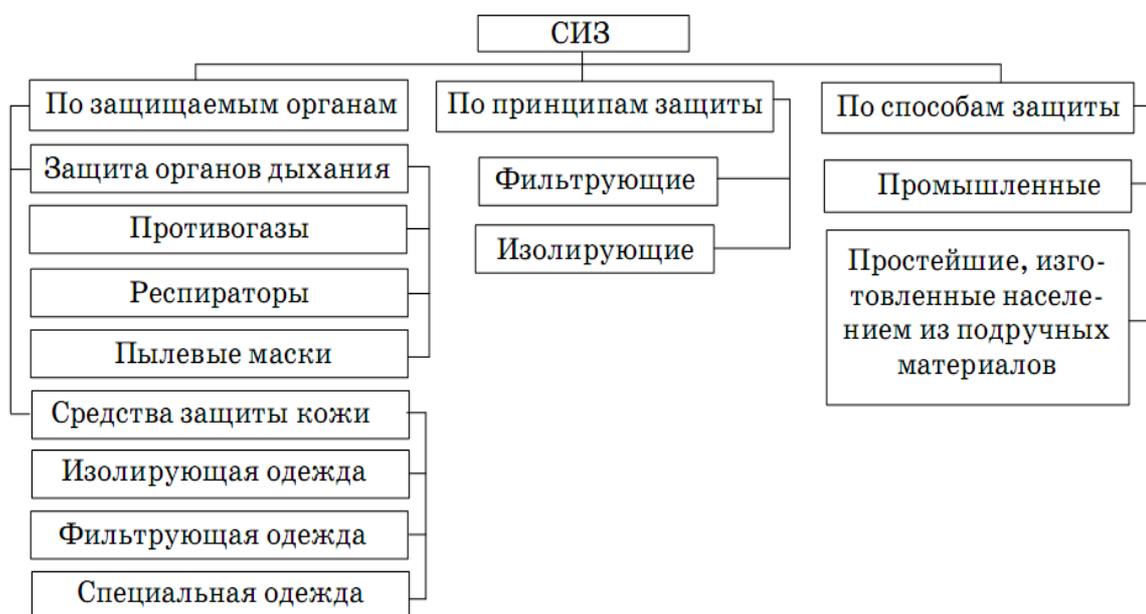


Рисунок 8.1 – Классификация средств индивидуальной защиты

Выдача работникам СИЗ осуществляется в соответствии с Инструкцией о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты [13].

Обязанности работников по применению СИЗ:

- эксплуатировать (использовать) по назначению выданные ему СИЗ;
- соблюдать правила эксплуатации (использования) СИЗ;
- проводить перед началом работы осмотр, оценку исправности, комплектности и пригодности СИЗ, информировать работодателя о потере целостности выданных СИЗ, загрязнении, их порче, выходе из строя (неисправности), утрате или пропаже;
 - информировать работодателя об изменившихся антропометрических данных;
 - вернуть работодателю утратившие до окончания нормативного срока эксплуатации или срока годности целостность или испорченные СИЗ;
 - вернуть работодателю СИЗ по истечении нормативного срока эксплуатации или срока годности, а также в случае увольнения работника.

Выбор СИЗ осуществляется работодателем посредством сопоставления информации, представленной в нормах, с данными о защитных свойствах и эксплуатационных характеристиках конкретных СИЗ [13].

Область применения, класс защиты и (или) эксплуатационные уровни СИЗ должны по уровню защиты соответствовать уровням воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов, установленных по результатам СОУТ, характеру воздействия опасностей, а также характеру выполняемой работы, продолжительности работы, индивидуальным особенностям пользователя, совместимости конкретного вида СИЗ с другими используемыми СИЗ [13].

СИЗ, выдаваемые работникам, должны соответствовать их полу, антропометрическим параметрам и нормам. Выдача работникам и возврат ими СИЗ, выдача дерматологических СИЗ, смывающих средств фиксируются записью в личной карточке учета выдачи СИЗ. Дежурные СИЗ закрепляются за определенным рабочим местом (объектом) и выдаются (применяются) поочередно нескольким работникам только на время выполнения тех работ, для которых эти СИЗ предназначены.

Нормативные сроки эксплуатации СИЗ исчисляются со дня фактической выдачи их работникам, указанного в личной карточке учета выдачи СИЗ или в карточке выдачи дежурных СИЗ, и не могут превышать сроков, указанных в нормах. Исчисление нормативных сроков эксплуатации и нормативной выдачи СИЗ, выдаваемых один раз в месяц и чаще, происходит с учетом времени, фактически проведенного работником на рабочем месте, без учета отпусков (в том числе учебных).

Для хранения выданных работникам СИЗ работодатель создает необходимые условия и (или) предоставляет специально оборудованные помещения для хранения СИЗ, может устанавливаться оборудование для сушки, дегазации, дезактивации, дезинфекции, обезвреживания и обеспыливания СИЗ с целью обеспечения соответствующих условий хранения и возможности последующей эксплуатации СИЗ работниками.

Работодатель обязан обеспечивать уход (обслуживание) за СИЗ, включая дежурные СИЗ, в том числе своевременную химчистку, стирку, дегазацию, дезактивацию, дезинфекцию, дезинсекцию, обезвреживание, обеспыливание, сушку, а также ремонт и замену СИЗ, утративших необходимые защитные свойства.

По истечении нормативных сроков эксплуатации или сроков годности СИЗ работник обязан вернуть СИЗ работодателю, за исключением СИЗ однократного применения и дерматологических СИЗ.

Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами осуществляется за счет средств работодателя, которые подразделяются на защитные средства, очищающие средства и средства восстанавливающего, регенерирующего действия.

Смывающие и (или) обезвреживающие средства предоставляются работникам в соответствии с типовыми нормами бесплатной выдачи их работникам.

Как показано на рисунке 8.2, средства индивидуальной защиты различаются по направленности на защиту определенной части тела.



Рисунок 8.2 – Средства индивидуальной защиты

В системе защиты и охраны здоровья работающих одно из важных мест занимают средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Их использование обусловлено тем обстоятельством, что в отдельных случаях меры инженерно-технологического и санитарно-технического характера не позволяют добиться снижения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до допустимых уровней, безопасных для здоровья [2].

Средства индивидуальной защиты органов дыхания от вредных паров, газов, аэрозолей – это гражданские и промышленные противогазы, респираторы, противопыльные тканевые маски и повязки в зависимости от вида вредностей, их класса опасности, концентрации в рабочей зоне, а также характера и способа организации трудового процесса. СИЗОД по конструкции и принципу действия подразделяют на изолирующие, фильтрующие, изолирующе-фильтрующие аппараты (рисунок 8.3).



Рисунок 8.3 – Средства индивидуальной защиты органов дыхания

Фильтрующие противогазы являются основным средством защиты человека от попадания в органы дыхания, в глаза и на лицо радиоактивных, отравляющих и бактериальных средств. Принцип их защитного действия основан на предварительной фильтрации вдыхаемого человеком воздуха от различных вредных примесей. В настоящее время для взрослого населения могут быть использованы фильтрующие противогазы ГП-5 (ГП-5М), ГП-7, ГП-7В (рисунок 8.4).



ГП-5 (ГП-5М)



ГП-7В с питьевым устройством

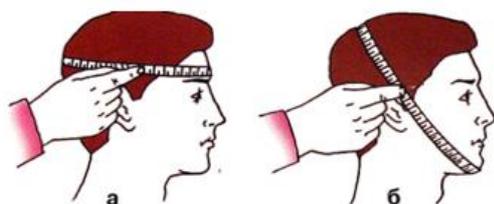


ГП-7

Рисунок 8.4 – Гражданские противогазы

Противогазы ГП-5 (ГП-5М) комплектуются фильтрующе-поглощающей коробкой малого габарита (типа ГП-5) и в качестве лицевой части шлемом-маской. В комплект противогаза ГП-5М входит шлем-маска с мембранной коробкой (в коробке размещается переговорное устройство). Лицевая часть противогаза (шлем-маска) ГП-5 предназначена для подведения очищенного в фильтрующе-поглощающей коробке противогаза воздуха к органам дыхания, для защиты от попадания в органы дыхания, в глаза и на лицо человека отравляющих, радиоактивных веществ и бактериальных (биологических) средств. Шлем-маска изготавливается из резины, она имеет два очковых узла, обтекатели и клапанную коробку.

Противогаз ГП-7 (ГП-7В) предназначен для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица человека от отравляющих, радиоактивных, бактериальных (биологических) веществ. Принцип защитного действия противогаза ГП-7 основан на том же действии, что и противогаза ГП-5. Лицевая часть имеет три роста (рисунок 8.5).



ИЗМЕРЕНИЕ ОБХВАТА ГОЛОВЫ:

а – ГОРИЗОНТАЛЬНОГО; б – ВЕРТИКАЛЬНОГО

| | | | | | | | |
|---------------------------|----------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| Сумма обхватов головы, см | До 118,5 | 119–121 | 121,5–123,5 | 124–126 | 126,5–128,5 | 129–131 | 131 и более |
| Рост лицевой части | 1 | | 2 | | 3 | | |
| Номера упоров лямок | 4–8–8 | 3–7–8 | 3–7–8 | 3–6–7 | 3–6–7 | 3–5–6 | 3–4–5 |

ПЕРВЫМ УКАЗАН НОМЕР ЛОБНОЙ ЛЯМКИ, ВТОРЫМ – ВИСОЧНЫХ, ТРЕТЬИМ – ЩЕЧНЫХ

Рисунок 8.5 – Подбор противогаза ГП-7

Противогаз носят в одном из трех положений: «походное»; «наготове»; «боевое». В «боевое» положение противогаз переводится по команде «Газы!», по сигналам «Химическая тревога», «Радиационная опасность», а также самостоятельно (без команды и сигналов) при обнаружении признаков радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств в воздухе или на местности.

Порядок надевания противогаза:

- 1 По команде «Газы!» задержать дыхание, не вдыхая воздух.
- 2 Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.
- 3 Выдернуть клапан из фильтра.
- 4 Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные – внутри.
- 5 Приложить нижнюю часть шлема-маски на подбородок.
- 6 Резко натянуть противогаз на голову снизу вверх.
- 7 Выдохнуть.
- 8 Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.
- 9 Перевести сумку на бок.

Порядок снятия противогаза:

- 1 По команде «Отбой!» брать противогаз указательными пальцами под ушами и вытягивать снизу вверх.
- 2 Убрать противогаз в противогазную сумку.
- 3 Застегнуть пуговицы.

Изолирующие противогазы ИП-4М предназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любой вредной примеси в воздухе, независимо от ее концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе в интервале температур от -40 до $+40$ (рисунок 8.6).



Рисунок 8.6 – Изолирующий противогаз ИП-4М

Время работы в противогазе определяется физической нагрузкой и составляет: при тяжелой физической нагрузке (бег, монтаж крупных деталей, подъем по лестнице, переноска тяжестей, разборка завалов) – 30–40 мин; при средней физической нагрузке (ходьба, монтаж мелких деталей, регулировка и обслуживание механизмов, работа с индикаторными приборами) – 60–75 мин; при легкой физической нагрузке (технический осмотр оборудования, наблюдение за показаниями приборов, пребывание в покое) – 180 мин.

Дыхание в противогазе осуществляется по маятниковой схеме. При выдохе газовая смесь по соединительной трубке лицевой части проходит через регенеративный патрон и поступает в дыхательный мешок.

При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка вторично проходит через регенеративный патрон, где дополнительно очищается от двуокиси углерода и по соединительной трубке возвращается в органы дыхания.

Избыток газовой смеси из дыхательного мешка при выдохе стравливается через клапан избыточного давления. Размер лицевой части определяется по таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Размер лицевой части противогаза ИП-4М

| Рост лицевой части | 1 | | 2 | | | 3 | |
|--|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Сумма измерений вертикального и горизонтального обхватов головы (мм) | До 1 185 | 1 190–1 210 | 1 215–1 235 | 1 240–1 260 | 1 265–1 285 | 1 290–1 315 | 1 310 и более |
| Номера упоров наголовника | 2-4-5 | 1-3-4 | 2-4-5 | 1-3-4 | 1-2-3 | 1-3-4 | 1-2-3 |

Респираторы являются облегченным средством защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли. Основная задача респиратора – поставка очищенного воздуха, пригодного для человека (рисунок 8.7).



Рисунок 8.7 – Респираторы

Очистка вдыхаемого воздуха от парогазообразных примесей осуществляется за счет физико-химических процессов (адсорбции, хемосорбции, катализа), а от аэрозольных примесей – путем фильтрации через волокнистые материалы.

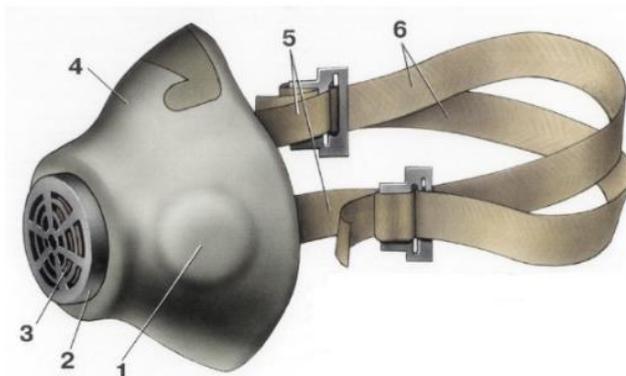
Респираторы классифицируются по назначению, устройству, сроку службы и по типу механизма защиты от вредных примесей.

Респираторы делятся по назначению: противопылевые (У-2К, ШБ-1 «Лепесток-200», Р-2, Р-2У); противогазовые (РПГ-67); газопылезащитные (РУ-60М) [2].

Респираторы используются для защиты дыхания от вредных веществ в абсолютно разных условиях, например:

- в условиях повышенного выделения вредных веществ на производстве;
- в пыльном или задымленном помещении;
- в быту при работе с красками, удобрениями, ядохимикатами;
- в медицине с целью профилактики попадания в организм вирусов или аллергенных веществ;
- при температуре от +15 до +19 °С – 1,5–2 ч; при температуре ниже +15 °С – более 3 ч.

Респиратор У-2К выполнен в виде фильтрующей полумаски (рисунок 8.8).



1 – клапаны вдоха слева и справа; 2 – экран; 3 – клапан выдоха (через него выходит воздух); 4 – полумаска; 5 – эластичные тесемки (для крепления респиратора); 6 – нерастягивающиеся тесемки (для крепления респиратора)

Рисунок 8.8 – Респиратор У-2К

Особенностью и большим плюсом респиратора данной модели является то, что он может применяться в любой климатической зоне. У него широкий диапазон рабочих температур: от -10° до $+35^{\circ}$ °С. Также его можно эксплуатировать при высокой влажности – до 98 %. Но не рекомендуется использовать данное средство защиты в условиях, когда в воздухе повышенное содержание отравляющих и ядовитых веществ, так как против большинства из них он не эффективен.

Респираторы У-2К предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания человека от самых разнообразных видов промышленной пыли, которые присутствуют в воздухе: металлической – чугунной, железной, медной, стальной, свинцовой, силикатной и др.; минеральной – наждачной, угольной, известковой, цементной, стеклянной, от удобрений и пигментов и др. Помимо защиты от промышленной пыли, респиратор У-2К также защищает от следующей пыли: животной – пуховой, шерстяной, костной, роговой, кожаной и растительной – хлопковой, пеньковой, древесной, мучной, табачной, сахарной.

Респираторы У-2К широко используют при работе со всевозможными ядохимикатами, порошкообразными удобрениями и разными синтетическими моющими средствами, которые не выделяют токсичные газы и пары.

Простейшие средства защиты органов дыхания. В случае отсутствия противогазов и респираторов целесообразно использовать простейшие средства защиты органов дыхания. К простейшим средствам относятся: противопыльная тканевая маска (ПТМ-1) и ватно-марлевая повязка, которые могут быть изготовлены в домашних условиях. Более надежную защиту органов дыхания и глаз от радиоактивной пыли обеспечивает противопыльная тканевая маска.

Для изготовления ватно-марлевой повязки необходим кусок марли размером 100×50 см и вата. На середину куска марли накладывается слой ваты длиной 30 см, шириной 20 см и толщиной 1–2 см. Свободные края марли загибают с обеих сторон на слой ваты, а концы разрезают примерно на 30–35 см. Надетая повязка должна хорошо закрывать низ подбородка, рот и нос до глазных впадин. Верхние разрезанные концы повязки завязывают на затылке, а нижние – на темени. Для защиты глаз надеваются защитные очки.

Самоспасатели предназначены для защиты органов дыхания и кожи лица человека от отравляющего воздействия продуктов горения, токсичных или химических веществ. Их применяют во время эвакуации в условиях пожара, авариях на промышленных объектах с выбросом отравляющих веществ.

Изготавливаются из огнеупорной прорезиненной ткани (также для их изготовления применяют термостойкий поливинилхлорид). Такие СИЗ похожи на капюшон, который имеет смотровое окно, располагающее широким обзором. Стекло смотрового окна не запотевают, так как имеет пропитку из специального состава, который препятствует запотеванию. В зависимости от действия и назначения самоспасатели разделяют на изолирующие и фильтрующие.

Самоспасатель фильтрующий применяется для защиты населения (взрослых и детей старше 12 лет) от опасных химических веществ в виде газов и аэрозолей (дым, пыль, туман) при экстренной эвакуации из зоны поражения при объемной доле кислорода в воздухе не менее 17 %. Фильтрующий самоспасатель – это одно из одноразовых индивидуальных средств защиты. Применение изделия такого типа полностью защищает от заражения опасными вирусами, вредных паров, газа, дыма дыхательную систему, органы зрения и кожу (рисунок 8.9).



Рисунок 8.9 – Самоспасатель

Изолирующие самоспасатели действуют по принципу полной изоляции дыхательных органов человека от действия воздуха извне. Самоспасатель изолирующего типа также имеет: дыхательный мешок с клапаном избыточного давления; загубник; защитные очки; теплообменник, носовой зажим и футляр, который предназначен для хранения аппарата; регенеративный патрон, в нем выдыхаемый воздух поглощается парами диоксида углерода и воды, в результате этого выделяется кислород, которым дышит человек. Изолирующие самоспасатели оформлены в виде капюшона, пошитого из прорезиненной ткани, резистентной к негативному воздействию химических соединений.

Кроме того, самоспасатели применяются как средства для кратковременной защиты органов дыхания человека (не более 30 минут действия), это особенно важно при эвакуации людей из очага поражения (пожары, различные аварии на химических предприятиях).

Средства защиты головы. Выделена следующая классификация СИЗ для головы: 1 шляпа, шапки, береты – протекция от холода; 2 каски, шлемы – случайные механические повреждения; 3 косынки, чепчики – предупреждение попадания волос на окружающие предметы (рисунок 8.10).



Рисунок 8.10 – Средства защиты головы

Средства защиты зрения и лица. Чтобы защитить органы зрения, используют защитные очки. Они различаются по размеру, форме, качеству линз. Чтобы защитить лицо, используют щитки. Они предназначены для предупреждения попадания окружающих предметов на лицо и в глаза (рисунок 8.11).



Рисунок 8.11 – Средства защиты зрения и лица

Средства защиты кожи предназначаются для предохранения открытых участков кожи, одежды, снаряжения и обуви от попадания на них капельно-жидких отравляющих веществ, АХОВ, возбудителей инфекционных заболеваний, радиоактивных веществ, а также частично от воздействия светового излучения. Они подразделяются на табельные (ОЗК, Л-1) и подручные (предметы бытовой одежды). По принципу защитного действия табельные средства подразделяются на фильтрующие (воздухопроницаемые) и изолирующие (воздухонепроницаемые).

Фильтрующие средства защиты кожи изготавливаются из специальных материалов, которые пропитываются химическими составами, нейтрализующими или поглощающими вредные газы, пары и аэрозоли. Материалы, используемые для изготовления фильтрующей защитной одежды, являются воздухопроницаемыми, что позволяет применять их на протяжении длительного времени без негативного воздействия на кожу. К фильтрующим средствам защиты кожи относятся защитные костюмы, комбинезоны, которые используются в комплекте с фильтрующими противогазами, а также сапогами и перчатками. Как правило, данный вид защиты используется только с совместным применением средств защиты органов дыхания.

В стандартную структуру легкого фильтрующего защитного костюма Л-1 включаются: полукombинезон обычный, куртка с капюшоном, одна пара перчаток, шесть застежек-крепежей из пластичных материалов для застегивания куртки и полукombинезона. Также на конце рукавных частей куртки предусмотрены манжеты, плотно прилегающие к запястью, благодаря чему они защищают кожный покров под одеждой (рисунок 8.12).



Рисунок 8.12 – Специальные средства защиты кожи

Л-1 можно подобрать индивидуально под рост человека, который намеревается его эксплуатировать. Классификация данного вида противохимической защиты подразумевает наличие четырех размеров, а именно: до 1,65 м; от 1,66 до 1,72 м; от 1,73 до 1,78 м; более 1,79 м.

Во избежание перегрева тела устанавливаются следующие предельно допустимые сроки непрерывной работы в защитной одежде изолирующего типа (в том числе и в общеевойсковом защитном комплекте, используемом в виде комбинезона): при температуре +30 °С и выше – 15–20 мин; при температуре от +25 ° до +29 °С – 20–35 мин; при температуре от +20 до +24 °С – 40–50 мин; при температуре от +15 до +19 °С – 1,5–2 ч; при температуре ниже +15 °С – более 3 ч.

Подручные средства защиты кожи. В условиях чрезвычайных ситуаций применения оружия массового поражения возникает необходимость в защите не только органов дыхания и глаз, но и всего тела человека. Для этой цели используются различные средства защиты кожи. По своему назначению они делятся на две группы: специальные и подручные.

К специальным средствам защиты кожи относятся: защитные костюмы, комбинезоны и плащи, защитные фартуки, чулки и рукавицы, резиновые сапоги и перчатки. Применяются при действиях в очагах поражения и на зараженной местности.

При отсутствии специальных средств защиты кожи используется обычная одежда. Защитные свойства обычной одежды можно усилить путем изготовления нагрудного клапана, тканевого капюшона и клиньев для брюк и рукавов, а также одевания нескольких видов одежды одновременно.

Обычная одежда может защитить на некоторое время и от химических веществ. Для этого одежду из тканевых материалов пропитывают специальным раствором – мыльно-масляной эмульсией.

Для приготовления раствора, необходимого для обработки одного комплекта обмундирования, нужно взять 6 л воды, нагреть ее до 60–70 °С. Затем растворить в ней 250–300 г измельченного хозяйственного мыла, добавить 0,5 л минерального или растительного масла и раствор вновь подогреть.

После этого одежду замочить в растворе, затем несильно выжать и просушить на открытом воздухе. Пропитанная таким образом одежда защитит при выходе из района, подвергшегося заражению химическими веществами.

Для защиты от АХОВ(ОХВ) можно также использовать накидки, плащи из синтетических, прорезиненных тканей и брезента, пальто из сукна или кожи. При использовании обычной одежды ее нужно застегивать на все пуговицы, обшлаг рукавов и брюк завязывать тесьмой, воротник поднимать и обвязывать шарфом.

Спецобувь. Этот вид СИЗ предназначен для защиты от следующих негативных факторов: чрезмерно высокие или низкие температуры; снег, вода, грязь. К средствам защиты для ног относят ботинки, полуботинки, туфли, галоши, портянки, тапочки, сандалии. В зависимости от вида защиты происходит защита различных частей ног.

Индивидуальные средства медицинской защиты и специальной обработки. Согласно примерному табелю оснащения гражданских формирований гражданской обороны средствами гражданской обороны персонал должен быть обеспечен

индивидуальными противохимическими пакетами типа ИПП-11 и индивидуальными перевязочными пакетами типа ИПП-1.

Индивидуальный противохимический пакет типа ИПП-11 предназначен для персонала санитарных формирований, звеньев радиационной, химической разведки и специальной обработки и представляет собой герметичный пакет из металлизированной пленки с насечками, содержащий тампон, пропитанный нейтрализующим противохимическим составом. На пакете напечатана инструкция. Для разовой обработки шеи, рук, лица и прилегающих кромок одежды достаточно одного пакета (рисунок 8.13).



а – индивидуальный противохимический пакет типа ИПП-11;



б – индивидуальный перевязочный пакет типа ИПП-1

Рисунок 8.13 – Индивидуальные средства медицинской защиты и специальной обработки

Для ликвидации последствий радиационного, химического и биологического заражения в целях исключения поражения населения используется комплекс мероприятий по специальной обработке.

Дегазация – один из видов обеззараживания, представляющий собой уничтожение (нейтрализацию) отравляющих веществ или удаление их с зараженной поверхности, местности, сооружений, одежды и т. д. в целях снижения зараженности до допустимой нормы или полного исчезновения.

Дегазация проводится физическим, химическим и механическим способами. *Механический способ* предполагает удаление аварийно химических опасных веществ с поверхности, территории, отдельных предметов. *Физический способ* предполагает обработку зараженных предметов и материалов горячим воздухом, водяным паром. При применении этих двух способов сильно действующие ядовитые вещества не разрушаются, а только удаляются. К таким веществам могут быть отнесены различные органические растворители (моторные топлива, спирт и др.) и растворы моющих веществ. *Химический способ* уничтожает (нейтрализует) сильно действующие ядовитые вещества посредством их разложения и перевода в другие, нетоксичные соединения с помощью специальных дегазирующих веществ окислительно-хлорирующего и щелочного действия.

Дезактивация – удаление радиоактивных веществ с зараженной территории, с поверхности зданий, сооружений, техники, одежды, средств индивидуальной защиты, воды, продовольствия.

Дезактивация может проводиться двумя способами – механическим и физико-химическим, которые друг друга дополняют. *Механический способ* предполагает удаление радиоактивных веществ с зараженных поверхностей сметанием щетками и подручными средствами, вытряхиванием, выколачиванием одежды, обмыванием струей воды, сдуванием (например, с помощью авиационных двигателей). Уменьшить поверхностное натяжение воды можно повышением температуры и применением поверхностно-активных веществ (мыла, стиральных порошков и т. д.). Механический способ наиболее прост и доступен и, как правило, используется для дезактивации техники, автотранспорта, одежды, средств индивидуальной защиты сразу же после выхода из зараженной территории.

Однако вследствие тесного контакта радиоактивных веществ с поверхностью многих материалов и их глубокого проникновения внутрь поверхности механический способ дезактивации может не дать необходимого эффекта. Поэтому наряду с ним используют *физико-химический способ*, который предполагает применение растворов специальных препаратов, значительно повышающих эффективность удаления (смывания) радиоактивных веществ с поверхности.

Дезинфекция – это комплекс мероприятий, направленный на уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний и разрушение токсинов на объектах внешней среды для предотвращения попадания их на кожу, слизистые и раневую поверхность. Является одним из видов обеззараживания. Дезинфекция полностью может их и не уничтожить, но уменьшает количество микроорганизмов до приемлемого уровня. Уничтожение инфекционного начала во внешней среде еще не устраняет основных источников инфекции (нераспознанные микробоносители). Поэтому дезинфекция играет значительную роль только в общем комплексе противоэпидемических и противоэпизоотических мероприятий.

Дезинфектант – агент, действующее вещество дезинфекции. Обычно используются химические дезинфицирующие средства, например: формальдегид или гипохлорит натрия, растворы органических веществ, обладающих дезинфицирующими свойствами (хлоргексидин, четвертичные аммонийные соединения, надуксусная кислота).

Контрольные вопросы

- 1 Как подобрать гражданский противогаз ГП-5 и ГП-7?
- 2 Где используются изолирующие противогазы?
- 3 Какие респираторы используются на производстве?
- 4 Какие бывают средства защиты кожи?
- 5 Что относится к медицинским средствам индивидуальной защиты?
- 6 Чем определяется время работы в противогазе?
- 7 Назовите предельно допустимые сроки непрерывной работы в защитной одежде изолирующего типа.

8 Назовите простейшие средства защиты органов дыхания.

9 Какие существуют индивидуальные средства медицинской защиты и специальной обработки?

10 Какой комплекс мероприятий по специальной обработке вы можете назвать?

Практическое занятие 9

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ЙОДНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Цель занятия: изучить величины, используемые в радиационной дозиметрии для оценки степени воздействия ионизирующего излучения на вещества, живые организмы и их ткани, изучить методы защиты щитовидной железы от радиоактивного йода и особенности проведения мероприятий йодной профилактики.

Первая из характеристик взаимодействия излучения и среды – это ионизационный эффект [5, 6, 10]. В начальный период развития радиационной дозиметрии чаще всего приходилось иметь дело с рентгеновским излучением, распространяющимся в воздухе. Мера воздействия ионизирующего излучения на вещество не поддается простому определению из-за сложности и многообразия 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 показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы любого облучаемого вещества. Если в результате воздействия на любое вещество массой dm поглощается энергия ионизирующего излучения dE , то поглощенная доза определяется выражением [5, 6]

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (9.1)$$

За единицу поглощенной дозы в системе СИ принят грей (Гр). Это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж.

Эквивалентная доза отличается от поглощенной тем, что она учитывает особенности радиационного эффекта в биологической ткани. Этот эффект при одной и той же поглощенной дозе D может быть весьма различным в зависимости от того, каким видом излучения производится воздействие на ткань. Указанные особенности разрушительного воздействия на конкретный вид ткани установлены эмпирически. Они численно оцениваются усредненным коэффициентом качества облучения (таблица 9.1), что позволяет определить эквивалентную дозу H выражением [5, 6]

$$H = kD. \quad (9.2)$$

Для излучений, k которых равны единице, $H = D$ (таблица 9.1). За единицу эквивалентной дозы в системе СИ принят зиверт (Зв). 1 Зв равен такой эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы на средний коэффициент качества облучения составляет 1 Дж/кг в биологической ткани стандартного состава.

Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада).

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр.}$$

Таблица 9.1 – Значения k для некоторых видов излучения

| Вид излучения | k |
|--|-----|
| Фотоны | 1 |
| Электроны и мюоны | 1 |
| Протоны и заряженные пионы | 2 |
| Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра | 20 |

Эффективная эквивалентная доза введена с целью оценки опасности для всего организма при облучении отдельных органов и тканей, которые имеют неодинаковую восприимчивость к ионизирующим излучениям. Эффективная эквивалентная доза облучения оценивается соотношением [5, 6]

$$H_{\text{эф}} = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot H_i), \quad (9.3)$$

где W_i – взвешивающий коэффициент, характеризующий степень риска облучения данного органа (ткани) по отношению к суммарному риску облучения всего организма;

H_i – среднее значение эквивалентной дозы облучения в i -м органе или ткани организма.

Взвешивающие коэффициенты (коэффициенты радиационного риска) позволяют определять риск облучения вне зависимости от того, облучается весь организм равномерно или неравномерно. Значения W_i приведены в таблице 9.2 [5, 6].

Таблица 9.2 – Взвешивающие коэффициенты

| Органы, ткани | W_i | ΣW_i |
|---|-------|--------------|
| Красный костный мозг, толстый кишечник, легкие, желудок, молочная железа, остальные ткани | 0,12 | 0,72 |
| Гонады | 0,08 | 0,08 |
| Мочевой пузырь, пищевод, печень, щитовидная железа | 0,04 | 0,16 |
| Костная поверхность, кожа, головной мозг, слюнные железы | 0,01 | 0,04 |

Категория «остальные ткани» включает: надпочечники, ткани экстрагаторакального отдела, желчный пузырь, сердце, почки, лимфоузлы, мышечную ткань, слизистую полости рта, поджелудочную железу, тонкий кишечник, селезенку, тимус, предстательную железу (мужчины), матку / шейку матки.

Сумма взвешивающих коэффициентов для всего организма

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + \dots + W_i = 1. \quad (9.4)$$

Взвешивающие коэффициенты устанавливаются эмпирически и рассчитываются таким образом, чтобы их сумма для всего организма составляла единицу.

Например, при работе с источником ионизирующего излучения работник получил облучение органов малого таза и нижних конечностей дозой в 3 Зв. Эффективная доза данного излучения составила 0,84 Зв ($H_{\text{эф}} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,03$).

Как видно, облучение указанных участков тела дозой в 3 Зв вызовет у работника такие же изменения, которые бы у него произошли при облучении всего организма дозой в 0,84 Зв. При этом облучение только нижних конечностей было бы эквивалентно облучению всего организма дозой в 0,09 Зв ($3 \cdot 0,03$).

Важной характеристикой ионизирующих излучений является мощность дозы P , которая показывает, какую дозу облучения получает среда или вещество за единицу времени. Мощность любой дозы – это изменение дозы во времени. Она оценивается выражением

$$P_D = \frac{dD}{dt}, \quad (9.5)$$

где P_D – мощность поглощенной дозы, Гр/ч.

Аналогичным образом введены понятия мощности других доз ионизирующих излучений.

Мощность поглощенной дозы для точечного источника гамма-излучения можно определить по формуле

$$P_x = \frac{A \cdot \Gamma_{\gamma}}{R^2}, \quad (9.6)$$

где A – активность источника излучения;

R – расстояние от источника излучения до рабочего места;

Γ_{γ} – керма-постоянная радионуклида, определяемая по таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Характеристика радиоактивных веществ

| № п/п | Вещества | Γ_γ $\left[\frac{\text{Гр} \cdot \text{м}^2}{\text{Бк} \cdot \text{с}} \cdot 10^{-18} \right]$ | $T_{1/2}$ |
|-------|------------------------------------|--|------------------------|
| 1 | Аргон-41 (^{41}Ar) | 43,09 | 1,8 ч |
| 2 | Бром-82 (^{82}Br) | 87,3 | 35,3 ч |
| 3 | Европий-154 (^{154}Eu) | 43,04 | 16 лет |
| 4 | Йод-131 (^{131}I) | 14,2 | 8,04 сут |
| 5 | Калий-40 (^{40}K) | | $1,248 \cdot 10^9$ лет |
| 6 | Кобальт-60 (^{60}Co) | 84,63 | 5,3 года |
| 7 | Лантан-140 (^{140}La) | 75,6 | 40,2 ч |
| 8 | Марганец-52 (^{52}Mn) | 118,3 | 271 сут |
| 9 | Марганец-56 (^{56}Mn) | 55,8 | 2,6 ч |
| 10 | Медь-64 (^{64}Cu) | 7,42 | 12,7 ч |
| 11 | Мышьяк-74 (^{74}As) | 16,74 | 26 ч |
| 12 | Натрий-22 (^{22}Na) | 78,02 | 2,6 года |
| 13 | Натрий-24 (^{24}Na) | 119,4 | 15,005 ч |
| 14 | Плутоний-239 (^{239}Pu) | | 24 300 лет |
| 15 | Полоний-210 (^{210}Po) | | 138,4 сут |
| 16 | Прометий-145 (^{145}Pm) | | 2,6 года |
| 17 | Радий-226 (^{226}Ra) | | 1600 лет |
| 18 | Ртуть-203 (^{203}Hg) | | 46,8 сут |
| 19 | Рутений-103 (^{103}Ru) | | 39,3 сут |
| 20 | Рутений-106 (^{106}Ru) | 7,58 | 1 год |
| 21 | Стронций-90 (^{90}Sr) | | 29,12 года |
| 22 | Теллур-204 (^{204}Tl) | | 3,6 года |
| 23 | Цезий-134 (^{134}Cs) | 57,44 | 2,06 года |
| 24 | Цезий-137 (^{137}Cs) | 21,33 | 30 лет |
| 25 | Цинк-65 (^{65}Zn) | | 244 сут |

Керма-постоянная равна мощности поглощенной дозы в воздухе, создаваемой гамма-излучением точечного радионуклидного источника активностью 1 Бк на расстоянии 1 м от него. Она выражается в $\text{Гр} \cdot \text{м}^2 / (\text{Бк} \cdot \text{с})$.

С учетом выражения (9.6) поглощенная доза, накопленная за время облучения t , равна

$$D = \frac{A \cdot \Gamma_\gamma \cdot t}{R^2}. \quad (9.7)$$

Таблица 9.4 – Значение некоторых доз облучения для населения

| Наименование доз облучения | Величины доз и единицы измерения |
|---|----------------------------------|
| Допустимая разовая доза облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени | 50 бэр |
| Допустимая месячная доза облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени | 100 бэр |
| Допустимая годовая доза облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени | 300 бэр |
| Допустимая накопленная доза облучения при авариях на радиационно опасных объектах | 25 бэр |
| Допустимая средняя годовая доза облучения персонала | 2 бэр/год |
| Допустимая средняя годовая доза облучения населения | 0,1 бэр/год |
| Доза облучения, вызывающая временную стерилизацию мужчин | 10 бэр |
| Доза облучения, вызывающая постоянную стерилизацию мужчин | 200 бэр |
| Доза облучения, вызывающая постоянную стерилизацию женщин | 300 бэр |
| Доза облучения, которую выдерживают почки | 2300 бэр |
| Доза облучения, которую выдерживают кости и хрящи | 7000 бэр |
| Доза облучения, которую выдерживает печень | 4000 бэр |
| Доза облучения, которую выдерживает головной мозг | 8000 бэр |

Йодная профилактика

В случае аварий на атомных энергетических объектах может происходить выброс в окружающую среду радиоизотопов йода, которые поступают в организм через органы дыхания, пищеварения, раневые и ожоговые поверхности кожи. Особую радиобиологическую опасность представляют радиоактивные изотопы йода-131–135.

Радиоактивный йод избирательно накапливается в щитовидной железе, облучает ее и тем самым может вызывать развитие заболеваний данного органа.

При этом в ранний период после аварии на атомных энергетических объектах большую опасность представляет ингаляционное поступление радиоизотопов йода, а в более поздний период – поступление радиоактивного йода при употреблении в пищу молока и молочных продуктов от животных, выпасаемых на загрязненной радиоактивным йодом пастбищах, а также поверхностно загрязненных листовых овощей, ягод и фруктов.

Наиболее эффективным методом защиты щитовидной железы от радиоактивного йода является прием внутрь препаратов стабильного йода в форме таблеток йодистого калия (проведение йодной профилактики или «блокирование» щитовидной железы). Принимать препараты йода необходимо в ранние сроки после аварии. Прием препаратов йода через 1 ч уменьшает дозу облучения щитовидной железы на 90 %, через 3 ч – на 60 %, через 6 ч – на 50 % [20].

Йодная профилактика – введение препарата стабильного йода (обычно йодистого калия) в целях предотвращения или уменьшения поглощения радиоактивных изотопов йода щитовидной железой в случае аварии, связанной с воздействием радиоактивного йода.

Иногда применяется термин «блокирование щитовидной железы». Является срочной защитной мерой.

В соответствии с [20] защитный эффект однократного приема йодистого калия длится 24 ч. Однократный прием для взрослого человека – 125 мг.

Взрослым рекомендуется прием таблетированного или порошкового йодистого калия по 125 мг ежедневно в течение 7 дней (запивают 0,5 стакана воды или молока). Дети от 3 до 14 лет принимают препарат по 65 мг 1 раз в день (запивают 0,25–0,5 стакана воды или молока), также в течение 7 дней. Дети до 3 лет принимают по 65 мг йодистого калия 1 раз в день. Но им разрешается принимать препарат лишь в течение 2 дней, то есть двукратно, при суммарной дозе 130 мг. Беременные и кормящие женщины принимают йодистый калий по 125 мг 1 раз в день в течение 2 дней (всего 250 мг).

Спиртовой раствор йода 5%-ный можно применять наружно путем нанесения на кожу. Настойка йода наносится тампоном в виде полос на предплечье, голень. Этот способ особенно приемлем для детей младшего возраста.

Для детей от 2 до 14 лет используют по 22 капли настойки 1 раз в день в течение 7 дней.

Для исключения ожогов кожи можно использовать не 5%-ную, а 2,5%-ную настойку йода.

На основании [20] следует придерживаться следующих правил:

- выходить из помещений только в случае необходимости, используя при этом средства защиты органов дыхания (марлевую повязку, респиратор);
- не употреблять в пищу овощи с открытого грунта, ягоды, грибы, рыбу, выловленную в открытых водоемах, без радиометрического контроля;
- использовать преимущественно консервированные продукты;
- постоянно следить за информацией, передаваемой по радио и телевидению.

По [20] решение о начале проведения йодной профилактики принимается в случае радиационной аварии на ядерном объекте при ожидаемом значении мощности дозы ионизирующего излучения 50 мкЗв/ч и более.

Оповещение населения о проведении йодной профилактики осуществляется всеми видами связи с привлечением средств массовой информации.

Для исключения случаев передозировок в период проведения йодной профилактики медицинскими работниками проводится разъяснительная работа через средства массовой информации о порядке применения, показаниях и противопоказаниях к использованию лекарственных средств, содержащих стабильный йод.

В случае поступления сигнала о начале йодной профилактики необходимо прийти в свой пункт выдачи и получить таблетки йода.

Поэтому очень важно знать номер своего участка и номер пункта выдачи препаратов стабильного йода. Пункты выдачи создаются территориальными поликлиниками.

Период полураспада радиоактивного йода-131 составляет 8 суток. По истечении 10 и более периодов полураспада (то есть 2,5–3 месяца) йод-131 уже не представляет опасности, поскольку почти весь распадается, и прием препаратов стабильного йода не дает эффекта.

Таким образом, заболеваемость радиационно-индуцированным раком щитовидной железы может быть предотвращена или значительно снижена при своевременном проведении следующих защитных мероприятий: укрытие населения в помещениях, защита органов дыхания, йодная профилактика, введение ограничений в отношении потребления загрязненных пищевых продуктов, эвакуация.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Определить, какую эквивалентную дозу накопил биологический объект за время t , если он подвергся комбинированному облучению двумя видами излучения, мощности поглощенных доз которых составили $P_{д1}$ и $P_{д2}$ соответственно. Исходные данные для расчета приведены в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Варианты заданий для самостоятельной работы

| Параметр | Номер варианта | | | | | |
|----------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Время облучения t , сут. | 4 | 14 | 21 | 15 | 20 | 5 |
| Первый вид излучения | Альфа | Гамма | Бета | Протоны | Гамма | Нейтроны до 10 МэВ |
| $R_{д1}$, Гр/ч | 25 | 30 | 15 | 10 | 8 | 18 |
| Второй вид излучения | Бета | Протоны | Гамма | Бета | Нейтроны до 10 МэВ | Альфа |
| $R_{д2}$, Гр/ч | 35 | 20 | 12 | 17 | 15 | 13 |
| Параметр | Номер варианта | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Время облучения t , сут. | 2 | 3 | 5 | 4 | 6 | 7 |
| Первый вид излучения | Нейтроны до 10 МэВ | Протоны | Гамма | Альфа | Бета | Гамма |
| $R_{д1}$, Гр/ч | 14 | 8 | 17 | 6 | 5 | 3 |
| Второй вид излучения | Гамма | Бета | Нейтроны до 10 МэВ | Гамма | Протоны | Альфа |
| $R_{д2}$, Гр/ч | 24 | 10 | 13 | 12 | 6 | 2 |

Задание 2. Доза, поглощенная в биологической ткани при облучении альфа-частицами, составила D Гр. Какой дозе квантового облучения это соответствует по биологическому действию? Исходные данные для расчета приведены в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – Варианты заданий для самостоятельной работы

| Параметр | Номер варианта | | | | | |
|------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| D , грей | 10 | 64 | 18 | 92 | 56 | 170 |
| Параметр | Номер варианта | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| D , грей | 200 | 160 | 360 | 840 | 440 | 320 |

Задание 3. При работе с источником ионизирующих излучений рабочий получил облучение органов N и M эквивалентной дозой H бэр. Определить эффективную эквивалентную дозу облучения (используя значения некоторых доз облучения

для населения из таблицы 9.4, сделать выводы о последствиях этого облучения для человека). Исходные данные для расчета приведены в таблице 9.7.

Таблица 9.7 – Варианты заданий для самостоятельной работы

| Параметр | Номер варианта | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Орган <i>N</i> | Легкие | Головной мозг | Кожа | Щитовидная железа | Гонады | Печень |
| Орган <i>M</i> | Пищевод | Костная ткань | Костная ткань | Пищевод | Мочевой пузырь | Кожа |
| <i>H</i> , бэр | 500 | 350 | 600 | 550 | 950 | 450 |
| Параметр | Номер варианта | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Орган <i>N</i> | Печень | Гонады | Кожа | Легкие | Головной мозг | Щитовидная железа |
| Орган <i>M</i> | Кожа | Мочевой пузырь | Костная ткань | Пищевод | Костная ткань | Пищевод |
| <i>H</i> , бэр | 1200 | 1350 | 2150 | 1780 | 1690 | 1000 |

Задание 4. Определить величину поглощенной дозы гамма-излучения от точечного источника радиоактивного вещества *N* активностью *A* мКи на расстоянии *R* м в течение 1 недели. Исходные данные для расчета приведены в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Варианты заданий для самостоятельной работы

| Параметр | Номер варианта | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Вещество <i>N</i> | ¹³⁴ Cs | ¹³⁷ Cs | ⁶⁰ Co | ¹⁰⁶ Ru | ⁵² Mn | ¹⁵⁴ Eu |
| Активность <i>A</i> , мКи | 8 | 10 | 6 | 12 | 14 | 9 |
| Расстояние <i>R</i> , м | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,6 | 0,4 |
| Параметр | Номер варианта | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Вещество <i>N</i> | ²² Na | ¹⁵⁴ Eu | ¹³⁷ Cs | ⁶⁰ Co | ¹³⁴ Cs | ¹⁰⁶ Ru |
| Активность <i>A</i> , мКи | 10 | 12 | 8 | 7 | 12 | 10 |
| Расстояние <i>R</i> , м | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |

Примеры решения задач

Задание 1. Определить величину эквивалентной дозы гамма-излучения от точечного источника кобальта-60 (^{60}Co) активностью 10 мКи на расстоянии 0,5 м в течение 1 недели.

1 Из таблицы 9.3 определяем период полураспада для кобальта-60. Он равен $T_{1/2} = 5,3$ года.

2 Так как период полураспада намного больше времени облучения, то для определения экспозиционной дозы используем выражение

$$X = \frac{A \cdot \Gamma_{\gamma} \cdot t}{R^2} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 84,63 \cdot 10^{-18} \cdot 7 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{0,5^2} \approx 0,08 \text{ (Гр)}. \quad (9.8)$$

Задание 2. Определить, какую эквивалентную дозу накопил биологический объект за 7 суток, если он подвергся комбинированному облучению альфа- и бета-частицами, мощности поглощенных доз которых составили 20 и 300 Гр/ч соответственно.

1 Рассчитываем дозу, полученную биологическим объектом за 7 суток (168 ч) облучения альфа-частицами, из соотношения

$$D_{\alpha} = P_{\alpha} \cdot t = 20 \cdot 168 = 3\,360 \text{ (Гр)}. \quad (9.9)$$

2 Рассчитываем дозу, полученную биологическим объектом за 7 суток при облучении бета-частицами:

$$D_{\beta} = P_{\beta} \cdot t = 300 \cdot 168 = 50\,400 \text{ (Гр)}. \quad (9.10)$$

3 Определяем эквивалентную дозу, полученную при облучении объекта альфа- и бета-частицами, с учетом коэффициентов качества облучения из выражения

$$H = \overline{K_{\alpha}} \cdot D_{\alpha} + \overline{K_{\beta}} \cdot D_{\beta} = 20 \cdot 3\,360 + 1 \cdot 50\,400 = 1,18 \cdot 10^5 \text{ (Гр)}. \quad (9.11)$$

Задание 3. При работе с источником ионизирующих излучений рабочий получил облучение гонад (половых желез) и клеток костных поверхностей эквивалентной дозой 5,5 Зв. Определить эффективную эквивалентную дозу облучения. Используя значения некоторых доз облучения для населения из таблицы 9.4, сделать выводы о последствиях этого облучения.

1 По таблице 9.2 определяем значения взвешивающих коэффициентов для гонад и костных тканей. Они составляют 0,08 и 0,01 соответственно.

2 Определяем эффективную эквивалентную дозу облучения из соотношения (9.3):

$$H_{\text{эф}} = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot H_i) = 550 \cdot 0,08 + 550 \cdot 0,01 = 0,50 \text{ (Зв)}. \quad (9.12)$$

Выводы: полученная доза превышает допустимую месячную дозу облучения в чрезвычайных ситуациях военного времени, вызывает временную стерилизацию мужчин.

Контрольные вопросы

1 Что характеризует поглощенная доза облучения, как она рассчитывается и в каких единицах измеряется?

2 Что учитывает эквивалентная доза облучения и перечислите единицы ее измерения?

3 С какой целью введена эффективная доза облучения и в чем сущность взвешивающих коэффициентов?

4 Что понимают под мощностью любой дозы облучения и в каких единицах ее измеряют?

5 Что такое йодная профилактика?

6 Сколько длится защитный эффект однократного приема йодистого калия?

Практическое занятие 10

ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Цель занятия: изучить особенности акустических (шумовых) загрязнений помещений, влияние шума на организм человека, рассчитать ожидаемые уровни звукового давления в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищенном от шума помещении, сравнить их с допустимыми уровнями звукового давления (УЗД).

Акустическое (шумовое) загрязнение помещений. Влияние шума на организм человека [3]

Шум представляет собой совокупность звуков, различных по частоте и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Звук – механические колебания, воспринимаемые ухом человека, распространяющиеся в упругих средах: газах, жидкостях и твердых телах.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие воздействия на нее какой-либо возмущающей силы. Частицы среды при этом начинают колебаться относительно положения равновесия. Звуковые волны распространяются в пространстве, называемом звуковым полем.

В каждой точке звукового поля давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется звуковым давлением и измеряется в паскалях (Па).

При распространении звуковой волны происходит перенос кинетической энергии, величина которой определяется интенсивностью звука I . Интенсивность звука – энергия, переносимая звуковой волной через поверхность площадью 1 м^2 , перпендикулярную направлению распространения звуковой волны в секунду:

$$I = P^2 / (\rho \cdot c) \text{ Вт/м}^2, \quad (10.1)$$

где P – среднеквадратичное значение звукового давления, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость распространения звука в среде, м/с.

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты. Минимальное звуковое давление и минимальная интенсивность звуков, воспринимаемых ухом человека, определяют порог слышимости. За эталонный принят звук с частотой 1 000 Гц. При этой частоте порог слышимости по интенсивности составляет $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$, а соответствующее ему звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$. Верхняя граница воспринимаемых человеком звуков определяется так называемым порогом болевого ощущения. При частоте 1 000 Гц порог болевого ощущения возникает при $I = 10 \text{ Вт/м}^2$ и $P = 2 \cdot 10^2 \text{ Па}$. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости.

Ухо человека реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение интенсивности звука, при этом ощущения человека пропорциональны логарифму количества энергии шума или другого раздражителя. Кроме того, раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него. Поэтому на практике для характеристики шума пользуются двумя логарифмическими величинами: уровнем интенсивности L_I и уровнем звукового давления L_P , выраженными в децибелах, то есть

$$L_I = 10 \lg I / I_0, \text{ дБ}, \quad (10.2)$$

$$L_P = 20 P / P_0, \text{ дБ}, \quad (10.3)$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²;

$I_0 = 10^{-12}$ – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте 1 000 Гц, Вт/м²;

P – звуковое давление в данной точке, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ – пороговое звуковое давление на частоте 1 000 Гц, Па.

Наибольшая чувствительность слухового аппарата человека характерна для средних и высоких частот (80–1000 Гц), наименьшая – для низких (20–100 Гц). Поэтому, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, введено понятие коррективного уровня звукового давления. Суть коррекции – введение зависящих от частот звука поправок к уровню соответствующей величины. Наиболее употребительна коррекция «А». Корректированный уровень звукового давления ($L_A = L_P - \Delta L_A$) называется уровнем звука и измеряется в дБА.

При исследовании шумов весь диапазон частот разбивают на полосы частот и определяют мощность процесса, приходящегося на каждую полосу. Чаще всего используют октавные ($f_2 / f_1 = 2$) и третьоктавные ($f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}$) полосы частот, где f_2 и f_1 – верхняя и нижняя граничные частоты соответственно. При этом в качестве частоты, характеризующей полосу (октаву) в целом, берется среднегеометрическая частота $f_{\text{ср}}$, равная

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}. \quad (10.4)$$

Например, октавную полосу 90–180 Гц выражает $f_{\text{ср}} = 125$ Гц. В результате сформирован стандартный ряд из девяти октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1 000; 2 000; 4 000 и 8 000 Гц.

Источниками шума на производстве могут быть: оборудование, изделия, эксплуатируемые машины, технологические процессы и др. Любой источник шума характеризуется следующими параметрами:

а) звуковая мощность источника P – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени;

б) фактор направленности излучения Φ , показывающий отношение интенсивности звука, создаваемой направленным источником в данной точке I , к интенсивности $I_{\text{ср}}$, которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны одинаково, то есть

$$\Phi = I / I_{\text{ср}} = P^2 / P_{\text{ср}}^2 ; \quad (10.5)$$

в) уровни звуковой мощности шума в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63; 125; 250; 500; 1 000; 2 000; 4 000 и 8 000 Гц, а также скорректированный уровень звуковой мощности.

В соответствии с санитарными нормами (СН 2.04.01-2020 «Защита от шума») шумы классифицируются:

а) по характеру спектра – на широкополосные и тональные. Широкополосный – это шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы. Тональный – это шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие;

б) по временным характеристикам – на постоянные и непостоянные. Постоянный – это шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА. Непостоянный – это шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА.

Непостоянный шум подразделяют на колеблющийся, прерывистый и импульсный. Колеблющийся – это шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени. Прерывистый – это шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более). Импульсный – это шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах являются:

а) уровни звукового давления L_P , дБ, в девяти октавных полосах, определяемые по формуле (10.3);

б) уровень звука L_A , дБА, определяемый по формуле

$$L_A = 20 \lg P_A / P_0 , \text{ дБА},$$

где P_A – среднеквадратичное значение звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на рабочих местах являются:

а) эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА;

б) максимальный уровень звука.

Источниками шумового загрязнения городских территорий являются: потоки всех видов наземного автомобильного и рельсового транспорта; промышленные предприятия; аэродромы; открытые спортивные сооружения и игровые площадки; площадки для погрузочно-разгрузочных работ предприятий; коммунально-бытовые хозяйства; механизмы и машины, используемые при строительстве, уборке и благоустройстве городских территорий и др. В акустической нагрузке городской среды на

человека преобладает шум автомобильного и рельсового транспорта, доля которого составляет 60–80 % от всех шумов.

Шум является общебиологическим раздражителем. Воздействуя на нервную систему, он оказывает влияние на весь организм человека. Шум вызывает головные боли, повышение кровяного давления, снижает концентрацию внимания и остроту зрения, ослабляет память, замедляет психические реакции, приводит к расстройству нервной системы, понижает работоспособность и производительность труда, способствует возникновению условий, которые приводят к несчастным случаям. Интенсивный шум вызывает изменения в сердечно-сосудистой системе, приводит к развитию заболеваний органов слуха – тугоухости.

Для снижения шума можно применить следующие способы: уменьшение шума в источнике; изменение направленности излучения; рациональную планировку предприятий; акустическую обработку помещений; уменьшение шума на пути его распространения. Шум возникает вследствие упругих колебаний как машины в целом, так и отдельных ее деталей. Причины возникновения этих колебаний – механические, аэродинамические, гидродинамические и электрические явления, определяемые конструкцией и характером работы машины, условиями эксплуатации. В связи с этим различают шумы механического, аэродинамического, гидродинамического и электромагнитного происхождения. Показатель направленности излучения следует учитывать при проектировании установок и рабочих мест с направленным излучением, так как значение Φ может достигать относительно больших величин. Максимум излучаемого шума должен быть направлен в противоположную сторону от рабочего места или жилого дома.

При планировке предприятия наиболее шумные цехи должны быть сконцентрированы в одном-двух местах. Расстояние между шумными цехами и тихими помещениями должно обеспечивать необходимое снижение шума. Если предприятие расположено в черте города, то шумные цехи должны находиться в глубине предприятия, по возможности дальше от жилых домов.

Интенсивность шума в помещениях зависит не только от прямого, но и от отраженного звука. Поэтому если нет возможности уменьшить прямой звук, то для снижения шума нужно уменьшить энергию отраженных волн. Этого можно достичь, увеличив эквивалентную площадь звукопоглощения помещения путем размещения на его внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок, а также установки в помещениях штучных звукопоглощателей. Это мероприятие называется акустической обработкой помещения.

Свойствами поглощения звука обладают все строительные материалы. Однако звукопоглощающими материалами принято называть лишь те, у которых коэффициент звукопоглощения на средних частотах больше 0,2. Наиболее часто в качестве звукопоглощающей облицовки применяют конструкции в виде слоя однородного пористого материала определенной толщины (ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральная вата, древесноволокнистые плиты и др.). Уменьшение шума на пути его распространения предусматривает применение: звукоизолирующих ограждений; звукоизолирующих экранов, кожухов, кабин; глушителей шума.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. В механическом цеху длиной 6 м, шириной 5 м, высотой 4 м имеется два рабочих места и установлено шумящее оборудование. Октавные уровни звукового давления источника шума (ИШ) на среднегеометрических частотах $f_{сг}$ Гц составляют L_p дБ. Факторы направленности ИШ Φ приведены в таблице 10.1; пространственный угол $\Omega = 2\pi$; наибольший геометрический размер ИШ $l_{МАКС} = 1,0$ м. Расстояния от ИШ до первого рабочего места (РТ₁) $ч_1$ м, до второго (РТ₂) – $ч_2$ м. Определить ожидаемые уровни звукового давления (УЗД) на рабочих местах и требуемое снижение шума. Исходные данные для расчета приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Исходные данные для расчета

| Параметр | Номер варианта | | | | | |
|---|----------------|-------|-----|-----|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Среднегеометрическая частота $f_{сг}$, Гц | 65 | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 |
| Уровень звукового давления L_p , дБ | 110 | 100 | 95 | 90 | 85 | 83 |
| Фактор направленности Φ | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| Расстояние от ИШ до РТ ₁ $ч_1$, м | 2,5 | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,4 |
| Расстояние от ИШ до РТ ₂ $ч_2$, м | 3,5 | 3,0 | 3,2 | 3,1 | 3,3 | 3,4 |
| Параметр | Номер варианта | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Среднегеометрическая частота $f_{сг}$, Гц | 4 000 | 8 000 | 65 | 125 | 250 | 500 |
| Уровень звукового давления L_p , дБ | 82 | 82 | 105 | 104 | 96 | 89 |
| Фактор направленности Φ | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| Расстояние от ИШ до РТ ₁ $ч_1$, м | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,5 |
| Расстояние от ИШ до РТ ₂ $ч_2$, м | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,5 |

Задание 2. Рассчитать ожидаемые уровни звукового давления в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищенном от шума помещении, сравнить их с допустимыми УЗД при следующих условиях: источник шума – транспортный поток при двустороннем движении с интенсивностью N ед/ч и средне-взвешенной скоростью U км/ч. Продольный уклон проезжей части η % с покрытием M ; расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений R_M . Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется полоса зеленых насаждений шириной l_M . Стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет окна, конструкция которых приведена в таблице 10.2.

130 Таблица 10.2 – Исходные данные для расчета

| Параметр | Номер варианта | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Интенсивность движения N , ед/ч | 80 | 150 | 300 | 900 | 1500 | 3000 | 60 | 100 | 200 | 900 | 1000 | 2000 |
| Скорость движения потока U , км/ч | 60 | 73 | 80 | 100 | 67 | 100 | 27 | 13 | 53 | 47 | 33 | 40 |
| Продольный уклон проезжей части дороги η , % | 8 | 4 | 2 | 0 | 6 | 8 | 0 | 2 | 4 | 6 | 0 | 2 |
| Покрытие проезжей части M | Асфальтобетонное | Булыжный камень | Цементобетонное | Брусчатая мостовая | Асфальтобетонное | Брусчатая мостовая | Булыжный камень | Цементобетонное | Брусчатая мостовая | Асфальтобетонное | Булыжный камень | Цементобетонное |
| Расстояние до жилых строений R , м | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 88 | 98 | 78 |
| Зеленые насаждения: а) однорядная посадка, ширина полосы l , м: 10–15 | | + | | | | | | + | | | | + |
| б) двухрядная посадка, ширина полосы $l = 21–25$ м | + | | | + | | + | | | + | | + | |
| в) двух- или трехрядная посадка, ширина полосы $l = 26–30$ м | | | + | | + | | | | | + | | |

| Параметр | Номер варианта | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Конструкция окна: а) одинарное окно с уплотнителем, тол- щина стекла, мм: 3 6 | | | | | | | + | + | | | | |
| б) спаренное окно без уплотнителя, толщина стекла, мм: 3 и 3 6 и 3 6 и 4 | | | | | + | + | | | | | | + |
| в) раздельно-сближен- ное окно с уплотните- лем, толщина стекла, мм: 3 и 3 6 и 4 | | + | + | | | | | | | + | + | |
| г) раздельное окно без уплотнителя, толщина стекла, мм: 6 и 3 | + | | | | | | | | + | | | |

Примеры решения задач

Задание 1. В механическом цехе длиной 5 м, шириной 5 м, высотой 4 м имеется два рабочих места, где установлено шумящее оборудование.

Октавный уровень звукового давления источника шума (ИШ) L_p на среднегеометрической частоте 1 000 Гц составляет 100 дБ. Фактор направленности ИШ $\Phi = 1,6$; пространственный угол $\Omega = 2 \pi$; наибольший геометрический размер ИШ $l_{\text{МАКС}} = 1,0$ м; расстояния от ИШ до первого рабочего места (РТ₁) $ч_1 = 2,0$ м, до второго (РТ₂) – $ч_2 = 4,0$ м.

Определить уровень звукового давления (УЗД) на рабочих местах и требуемое снижение шума.

1 Расчет ожидаемых УЗД на рабочих местах в помещениях с одним ИШ в зоне прямого и отраженного звука производится по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \left(\frac{k\Phi}{S} + \frac{4\psi}{B} \right),$$

где L – октавный уровень звукового давления ИШ, дБ;

k – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля, определяемый по приложению Б, рисунок Б.1;

Φ – фактор направленности излучения ИШ – безразмерная величина, определяемая по технической документации или опытными данными;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, проходящей через расчетную точку, повторяющей упрощенно форму ИШ, м²;

ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, определяемый по приложению Б, рисунок Б.2;

B – постоянная помещения в октавных полосах частот. В помещениях без звукопоглощающих облицовок и конструкций определяется из соотношения

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \text{ м}^2,$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1 000 Гц, определяемая по приложению Б, таблица Б.1, м²;

μ – частотный множитель, определяемый по приложению Б, таблица Б.2.

2 По приложению Б, рисунок Б.1, устанавливаем коэффициент k . Для этого:

а) рассчитаем отношение $ч / l_{\text{МАКС}}$ для первого и второго рабочих мест:

$$ч_1 / l_{\text{МАКС}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ (для РТ}_1\text{),}$$

$$ч_2 / l_{\text{МАКС}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ (для РТ}_2\text{)};$$

б) находим коэффициенты k для РТ₁ и РТ₂. Они равны 1.

3 Рассчитаем площади воображаемых поверхностей, проходящих через расчетные точки S_1 и S_2 из соотношений

$$S_1 = 2 \pi ч_1^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 25,12 \text{ м}^2 \text{ для РТ}_1;$$

$$S_2 = 2 \pi ч_2^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 100,48 \text{ м}^2 \text{ для РТ}_2.$$

4 Определяем постоянную помещения B из выражения

$$B = B_{1000} \cdot \mu .$$

Для этого:

а) по приложению Б, таблица Б.1, определяем B_{1000} для 1-го типа помещения. Она равна

$$B_{1000} = \frac{9}{20} , \text{ м}^2.$$

б) по приложению Б, таблица Б.2, определяем частотный множитель μ . Он равен $\mu = 1$.

Следовательно,

$$B = B_{1000} \cdot \mu = 5 \cdot 1 = 5 \text{ м}^2.$$

5 Рассчитаем площадь ограждающих поверхностей $S_{\text{огр}}$ из выражения

$$S_{\text{огр}} = 2 (5 \cdot 5 + 5 \cdot 4 + 5 \cdot 4) = 130 \text{ м}^2.$$

6 По приложению Б, рисунок Б.2, определяем коэффициент ψ . С этой целью рассчитаем отношение $B / S_{\text{огр}} = 5 : 130 = 0,038$. Тогда коэффициент $\psi = 1$.

7 Определяем слагаемое $k\Phi / S$ для РТ₁ и РТ₂:

$$\frac{k\Phi}{S_1} = \frac{1 \cdot 1,6}{25,12} = 0,0637,$$

$$\frac{k\Phi}{S_2} = \frac{1 \cdot 1,6}{100,48} = 0,0159.$$

8 Определяем слагаемое $4\psi / B$ для рабочих мест:

$$\frac{4\psi}{B} = \frac{4 \cdot 1}{5} = 0,8.$$

9 Вычисляем сумму $(k\Phi / S + 4\psi / B)$ для PT_1 и PT_2 :

$$\text{для } PT_1 = \frac{1 \cdot 1,6}{25,12} + \frac{4}{5} = 0,864,$$

$$\text{для } PT_2 = \frac{1 \cdot 1,16}{100,48} + \frac{4}{5} = 0,816.$$

10 Определяем логарифмы сумм:

$$\lg 0,864 = -0,063;$$

$$\lg 0,816 = -0,088.$$

11 Рассчитаем ожидаемые уровни звукового давления в PT_1 и PT_2 :

$$L_1 = 100 - 0,63 = 99,37 \text{ дБ};$$

$$L_2 = 100 - 0,88 = 99,12 \text{ дБ}.$$

12 По приложению Б, таблица Б.3, определяем допустимые октавные уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ на рабочих местах. На частоте $f_{\text{сг}} = 1\,000$ Гц $L_{\text{доп}} = 80$ дБ.

13 Рассчитаем требуемое снижение уровня звукового давления $\Delta L_{\text{тр}}$ для PT_1 и PT_2 из соотношения

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_1 - L_{\text{доп}}.$$

Тогда

$$\Delta L_{\text{тр } PT_1} = 99,37 - 80 = 19,37 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_{\text{тр } PT_2} = 99,12 - 80 = 19,12 \text{ дБ}.$$

Задание 2. Рассчитать ожидаемый УЗД в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищаемом от шума помещении при следующих условиях: источник шума – транспортный поток при двустороннем движении с интенсивностью 700 ед/ч и средневзвешенной скоростью 53 км/ч; продольный уклон проезжей части с асфальтобетонным покрытием 2 %; расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений 60 м. Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется двухрядная полоса зеленых насаждений, ширина полосы l равна 21 м при расстоянии между рядами 3 м; стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет окна спаренной конструкции, толщина стекол 6 и 3 мм, воздушный промежуток между стеклами 57 мм с уплотняющими прокладками.

Сделать выводы о соответствии полученных данных с допустимых уровней звукового давления (УЗД).

1 Определяем общий ожидаемый УЗД $L_{A \text{ экв}}$ источника шума из выражения

$$L_{A \text{ экв}} = L_{A7} + \Delta L_{A \text{ СК}} + \Delta L_{A \text{ УКЛ}} + \Delta L_{A \text{ ПОКР}},$$

где L_{A7} – эквивалентный УЗД автотранспортного потока, (см. приложение Б, таблица Б.4);

$\Delta L_{A \text{ СК}}$ – поправка к эквивалентному УЗД транспортных потоков на скорость движения, (см. приложение Б, таблица Б.5);

$\Delta L_{A \text{ УКЛ}}$ – поправка к эквивалентному УЗД на уклон проезжей части, (см. приложение Б, таблица Б.6);

$\Delta L_{A \text{ ПОКР}}$ – поправка к эквивалентному УЗД на покрытие проезжей части, (см. приложение Б, таблица Б.6).

2 Устанавливаем значения каждого слагаемого $L_{A \text{ экв}}$:

а) по приложению Б, таблица Б.4 определяем L_{A7} . При движении транспорта с интенсивностью 700 ед/ч $L_{A7} = 75$ дБА;

б) по приложению Б, таблица Б.5, определяем поправку на скорость движения $\Delta L_{A \text{ СК}}$. Так как скорость движения 53 км/ч, то $\Delta L_{A \text{ СК}} = 2$ дБА;

в) по приложению Б, таблица Б.5, определяем поправку на уклон проезжей части $\Delta L_{A \text{ УКЛ}}$. По условию задачи уклон проезжей части 2 %; следовательно, $\Delta L_{A \text{ УКЛ}} = 1$ дБА;

г) по приложению Б, таблица Б.6, определяем поправку на тип покрытия проезжей части. Проезжая часть покрыта асфальтобетоном, значит, $\Delta L_{A \text{ ПОКР}} = 0$ дБА.

Следовательно, общий ожидаемый УЗД $L_{A \text{ экв}}$ составит

$$L_{A \text{ экв}} = 75 + 2 + 1 + 0 = 78 \text{ дБА.}$$

3 Определяем снижение УЗД за счет расстояния, зеленых насаждений и окон:

а) расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений $\Delta L_{A \text{ PAC}}$ оценивается выражением

$$\Delta L_{A \text{ PAC}} = 10 \lg \frac{R}{R_1},$$

где R – расстояние от осевой линии полосы движения до жилых строений, м;
 R_1 – расстояние, на котором определена шумовая характеристика источника шума, $R_1 = 7,5$ м.

Тогда

$$\Delta L_{A \text{ PAC}} = 10 \lg \frac{60}{7,5} \text{ дБА};$$

б) по приложению Б, таблица Б.7, определяем снижение УЗД зелеными насаждениями $\Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}}$.

Так как полоса зеленых насаждений двухрядная шириной $l = 21$ м, то

$$\Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}} = 9 \text{ дБА};$$

в) по приложению Б, таблица Б.8, определяем снижение УЗД окнами $\Delta L_{A \text{ ОК}}$. Окна спаренной конструкции, толщина стекла 6 и 3 мм с уплотняющими прокладками, следовательно,

$$\Delta L_{A \text{ ОК}} = 28 \text{ дБА}.$$

Общее снижение УЗД составит:

а) для территории $\Delta L_{A \text{ ТЕР}} = \Delta L_{A \text{ PAC}} + \Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}} = 9 + 9 = 18 \text{ дБА};$

б) для помещений $\Delta L_{A \text{ ПОМ}} = \Delta L_{A \text{ ТЕР}} + \Delta L_{A \text{ ОК}} = 18 + 28 = 46 \text{ дБА}.$

Выводы:

1. Ожидаемый УЗД на территории 78 дБА, снижение – 18 дБА. Следовательно, $L_{A \text{ ТЕР}} = 78 - 18 = 60$ дБА, что превышает допустимые уровни для дневного времени на 5 дБА и ночного – на 15 дБА (см. приложение Б, таблица Б.9).

2. Ожидаемый УЗД в помещении $\Delta L_{A \text{ ПОМ}} = \Delta L_{A \text{ ТЕР}} - \Delta L_{A \text{ ОК}} = 60 - 28 = 32$ дБА не превышает УЗД в дневное время и на 8 дБА превышает в ночное время (см. приложение Б, таблица Б.9).

Контрольные вопросы

1 Поясните, что понимают под звуковым давлением и интенсивностью звука, и перечислите единицы их измерения.

2 Что такое порог слышимости и какие при этом значения имеют интенсивность звука и звуковое давление?

3 Что понимают под порогом болевого ощущения и какие значения имеют интенсивность звука и звуковое давление?

4 С какой целью перешли от понятий уровня и интенсивности звука к их логарифмическим величинам?

5 В чем сущность коррективного уровня звукового давления и какие единицы измерения он имеет?

6 Что понимают под октавой и каким параметром она характеризуется?

7 Перечислите некоторые источники шума на производстве и поясните, какими параметрами они характеризуются.

8 Назовите признаки, по которым производится классификация шумов.

9 Поясните, какой шум называют постоянным и какой непостоянным.

10 Назовите нормируемые параметры постоянного и непостоянного шума на рабочих местах.

11 Перечислите основные источники шумового загрязнения городских территорий.

Приложение А

АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

Таблица А.1 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (из СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», см. постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 11 октября 2017 г. № 92)

| Вещество | Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³ | Класс опасности | Агрегатное состояние |
|-------------------------------------|---|-----------------|----------------------|
| Аммиак | 20 | 4 | П |
| Ацетон | 200 | 4 | П |
| Бензин топливный (в пересчете на С) | 100 | 4 | П |
| Сероводород | 10 | 2 | П |
| Спирт метиловый | 5 | 3 | П |
| Спирт этиловый | 1000 | 4 | П |
| Уайт-спирит (в пересчете на С) | 300 | 4 | П |
| Углерода окись | 20 | 4 | П |

Примечание – Буквы, обозначающие агрегатное состояние вещества: П – пары и (или) газы.

Таблица А.2 – Предельно допустимые концентрации пыли (из СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», утвержден постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 11 октября 2017 г. № 92)

| Вещество | Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³ | Класс опасности |
|--|---|-----------------|
| Зерновая пыль (вне зависимости от содержания двуокиси кремния) | 4 | 4 |
| Известняк | 6 | 4 |
| Доломит | 6 | 4 |
| Нитроаммофоска | 4 | 4 |
| Пыль растительного и животного происхождения: | - | - |
| с примесью двуокиси кремния более 10 % (хлопчатобумажная, льняная, шерстяная, пуховая и др.) | 2 | 4 |
| с примесью двуокиси кремния менее 2 % (мучная, древесная и др.) | 6 | 4 |
| с примесью двуокиси кремния от 2 до 10 % | 4 | 4 |
| Силикаты и силикатсодержащие пыли: | - | - |
| асбест природный и искусственный, смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10 % | 2 | 4 |
| асбестоцемент | 6 | 4 |
| асбестобакелит (волокнит), асбесторезина | 8 | 4 |
| цемент, оливин, апатит, форстерит, глина | 6 | 4 |

Таблица А.3 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для различных категорий норм шума (СН 2.04.01-2020 «Защита от шума»)

| Категория нормы шума | Уровни звукового давления, дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|----------------------|---|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|--|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | |
| I | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| II | 93 | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |
| III | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| IV | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |
| V | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 80 | 80 |

Таблица А.4 – Допустимые значения общей вибрации (ГН «Показатели безопасности и безвредности вибрационного воздействия на человека», утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. № 37)

| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | Уровни виброскорости, дБ | |
|---|---|--|
| | Категория 2. Транспортно-технологическая | Категория 3. Технологическая типа «А» |
| 2 | 117 | 108 |
| 4 | 108 | 99 |
| 8 | 102 | 93 |
| 16 | 101 | 92 |
| 31,5 | 101 | 92 |
| 63 | 101 | 92 |

Таблица А.5 – Допустимые значения локальной производственной вибрации (ГН «Показатели безопасности и безвредности вибрационного воздействия на человека», утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37)

| Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц | Уровень вибро-скорости, дБ | Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц | Уровень вибро-скорости, дБ |
|---|----------------------------|---|----------------------------|
| 8 | 115 | 125 | 109 |
| 16 | 109 | 250 | 109 |
| 31,5 | 109 | 500 | 109 |
| 63 | 109 | 1000 | 109 |

Таблица А.6 – Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений (ГН «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 апреля 2013 г. № 33)

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхности, °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 |
| Теплый | 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) | 20–23 | 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 |

Таблица А.7 – Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений (ГН «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 апреля 2013 г. № 33)

| Пе-риод года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | | Температура поверхности, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|--------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|--|
| | | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин | | | для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более | для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более |
| Холодный | Ia (до 139) | 20,0–21,9 | 24,1–25,0 | 19,0–26,0 | 15–75 | 0,1 | 0,1 |
| | Iб (140–174) | 19,0–20,9 | 23,1–24,0 | 18,0–25,0 | 15–75 | 0,1 | 0,2 |
| | IIa (175–232) | 17,0–18,9 | 21,1–23,0 | 16,0–24,0 | 15–75 | 0,1 | 0,4 |
| | IIб (233–290) | 15,0–16,9 | 19,1–22,0 | 14,0–23,0 | 15–75 | 0,2 | 0,3 |
| | III (более 290) | 13,0–15,9 | 18,1–21,0 | 12,0–22,0 | 15–75 | 0,2 | 0,4 |
| Теплый | Ia (до 139) | 21,0–22,9 | 25,1–28,0 | 20,0–29,0 | 15–75 | 0,1 | 0,2 |
| | Iб (140–174) | 20,0–21,9 | 24,1–28,0 | 19,0–29,0 | 15–75 | 0,1 | 0,3 |
| | IIa (175–232) | 18,0–19,9 | 22,1–27,0 | 17,0–28,0 | 15–75 | 0,1 | 0,4 |
| | IIб (233–290) | 16,0–17,9 | 21,1–27,0 | 15,0–28,0 | 15–75 | 0,2 | 0,5 |
| | III (более 290) | 15,0–17,9 | 20,1–26,0 | 14,0–27,0 | 15–75 | 0,2 | 0,5 |

Таблица А.8 – Искусственное освещение (из ТКП 45-2.04-153-2009)

| Характеристика зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение при системе общего освещения |
|----------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Средней точности | 0,5 до 1,0 | IV | Малый | Темный | 300 |
| | | | Малый. Средний | Средний. Темный | 200 |
| | | | Малый. Средний. Большой | Светлый. Средний. Темный | 200 |
| | | | Средний. Средний. Большой | Светлый. Светлый. Средний | 200 |
| Малой точности | 1 до 5 | V | Малый | Темный | 300 |
| | | | Малый. Средний | Средний. Темный | 200 |
| | | | Малый. Средний. Большой | Светлый. Средний. Темный | 200 |
| | | | Средний. Средний. Большой | Светлый. Светлый. Средний | 200 |

Таблица А.9 – Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ химической природы (превышение предельно допустимой концентрации (далее – ПДК), раз) (ГН «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 апреля 2013 г. № 33)

| Вредные вещества* | | Класс условий труда | | | | | |
|--|-------------------------|---------------------------------|---------|----------|-----------|--------------|-------|
| | | допусти- мый | вредный | | | опасный***** | |
| | | | 2 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 |
| Вредные вещества 1–4 классов опасности*, за исключением перечисленных ниже | | $\leq \text{ПДК}_{\text{макс}}$ | 1,1–3,0 | 3,1–10,0 | 10,1–15,0 | 15,1–20,0 | >20,0 |
| | | $\leq \text{ПДК}_{\text{сс}}$ | 1,1–3,0 | 3,1–10,0 | 10,1–15,0 | >15,0 | – |
| Вещества, опасные для развития острого отравления | остронаправленные* | $\leq \text{ПДК}_{\text{макс}}$ | 1,1–2,0 | 2,1–4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–10,0 | >10,0 |
| | раздражающего действия* | $\leq \text{ПДК}_{\text{макс}}$ | 1,1–2,0 | 2,1–5,0 | 5,1–10,0 | 10,1–50,0 | >50,0 |
| Канцерогены* | | $\leq \text{ПДК}_{\text{сс}}$ | 1,1–2,0 | 2,1–4,0 | 4,1–10,0 | >10,0 | |
| Аллергены* | | $\leq \text{ПДК}_{\text{мр}}$ | – | 1,1–3,0 | 3,1–15,0 | 15,1–20,0 | >20,0 |
| Противоопухолевые лекарственные средства, гормоны (эстрогены)** | | | | | | *** | |
| Наркотические анальгетики** | | | | *** | | | |

Примечания

* В соответствии с правовыми актами, устанавливающими требования к воздуху рабочей зоны.

** Вещества, при получении и применении которых должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей работающих при обязательном контроле воздуха рабочей зоны утвержденными методами в соответствии с правовыми актами, устанавливающими требования к воздуху рабочей зоны.

*** Независимо от концентрации вредного вещества при обнаружении его в воздухе рабочей зоны условия труда относятся к данному классу.

**** Превышение указанного уровня для веществ с остронаправленным механизмом действия может привести к острому, в том числе и смертельному, отравлению.

Таблица А.10 – Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны пылей, аэрозолей (превышение ПДК_{макс. р}, раз) (из СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны» утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 11 октября 2017 г. № 92)

| Показатель | Класс условий труда | | | | | |
|--|---------------------|---------|---------|----------|-------|-----|
| | 2-й | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 4-й |
| Содержание в воздухе рабочей зоны пылей, мг/м ³ | ≤ПДК | 1,1–2,0 | 2,1–5,0 | 5,1–10,0 | >10,0 | – |

Таблица А.11 – Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации, уровней инфра- и ультразвука на рабочем месте (ГН «Показатели безопасности и безвредности вибрационного воздействия на человека», утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. № 37)

| Название фактора, показатель, единица измерения | Класс условий труда | | | | | |
|---|----------------------------------|-----|---------|-----|---------|------|
| | допустимый | | вредный | | опасный | |
| | 2-й | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 4-й |
| | Превышение ПДУ до (включительно) | | | | | |
| ШУМ. Уровни звука и звукового давления, эквивалентный уровень звука, дБ, дБА | ≤ПДУ* | 5 | 15 | 25 | 35 | > 35 |
| ВИБРАЦИЯ ЛОКАЛЬНАЯ. Уровни виброскорости (виброускорения), эквивалентный скорректированный уровень виброскорости (виброускорения), дБ | ≤ПДУ** | 3 | 6 | 9 | 12 | > 12 |
| ВИБРАЦИЯ ОБЩАЯ. Уровни виброскорости (виброускорения), эквивалентный скорректированный уровень виброскорости (виброускорения), дБ | ≤ПДУ** | 6 | 12 | 18 | 24 | > 24 |
| ИНФРАЗВУК. Общий уровень звукового давления, дБ _{лин} | ≤ПДУ*** | 5 | 10 | 15 | 20 | > 20 |
| УЛЬТРАЗВУК ВОЗДУШНЫЙ. Уровни звукового давления в 1/3 октавной полосы частоты, дБ | ≤ПДУ**** | 10 | 20 | 30 | 40 | > 40 |
| УЛЬТРАЗВУК КОНТАКТНЫЙ. Уровень виброскорости, дБ | ≤ПДУ**** | 5 | 10 | 15 | 20 | > 20 |

Примечания

*В соответствии с санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к шуму на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

**В соответствии с санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к производственной вибрации в помещениях жилых и общественных зданий.

***В соответствии с санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к инфразвуку на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.

****В соответствии с санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к ультразвуку, передающемуся воздушным путем; санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к ультразвуку, передающемуся контактным путем.

Таблица А.12 – Классы условий труда по показателям микроклимата при оценке по санитарным нормам и правилам, устанавливающим требования к микроклимату производственных помещений (ГН «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 апреля 2013 г. № 33)

| Показатели микроклимата производственной среды | Оптимальный (допустимый) | Вредный | | |
|---|--------------------------|--|----------------|-------------|
| | | 3.1 | 3.2 | 3.3 |
| | | отклонения от допустимых норм | | |
| Температура воздуха, °С | По СанПиН | До 4 | 4,1-8,0 | >8 |
| Относительная влажность воздуха, % | По СанПиН | До 25 | >25 | – |
| Скорость движения воздуха, м/с | По СанПиН | До 3 | >3 | – |
| Тепловое излучение, Вт/м ² : – открытые источники*; – нагретые поверхности** | По СанПиН | 141-350 Выше величин, указанных в таблице | 351–2 800 – | >2 800 – |

Примечания

* Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не должны превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование СИЗ, в том числе средств защиты лица и глаз.

** Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.), должны соответствовать значению, приведенному в санитарных нормах и правилах, устанавливающих требования к микроклимату.

Таблица А.13 – Классы условий труда в зависимости от параметров световой среды производственных помещений (из ТКП 45-2.04-153-2009)

| Фактор, показатель | Класс условий труда | | |
|---|---------------------|---------|-----|
| | допустимый | вредный | |
| | 2 | 3.1 | 3.2 |
| Естественное освещение*: коэффициент естественной освещенности КЕО, % | E_n^{**} | $<E_n$ | – |
| Искусственное освещение*: | | | |
| освещенность рабочей поверхности | E_n^{**} | $<E_n$ | – |
| показатель ослепленности P , отн. ед. | P_n^{**} | $>P_n$ | – |
| отраженная блескость*** | Отсутствие | Наличие | – |
| коэффициент пульсации освещенности K_p , % | K_p^{**} | $>K_p$ | – |
| яркость L , кд/м ² *** | L_n^{**} | $>L_n$ | – |
| неравномерность распределения яркости C , отн. ед. | C_n^{**} | $>C_n$ | – |

Примечания

* В соответствии с санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к естественному и искусственному освещению.

** Нормативные значения: освещенности – E_n , показателя ослепленности – P_n , коэффициента пульсации освещенности – K_p , яркости – L_n , неравномерности распределения яркости – C_n – в соответствии с техническим кодексом установившейся практики «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования» (ТКП 45-2.04-153-2009 (02250)), утвержденные приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 14 октября 2009 г. № 338 «Об утверждении и введении в действие технических нормативных правовых актов в строительстве».

*** Оценивается при выполнении работ, к которым предъявляются повышенные требования к показателям освещенности.

Приложение Б

ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

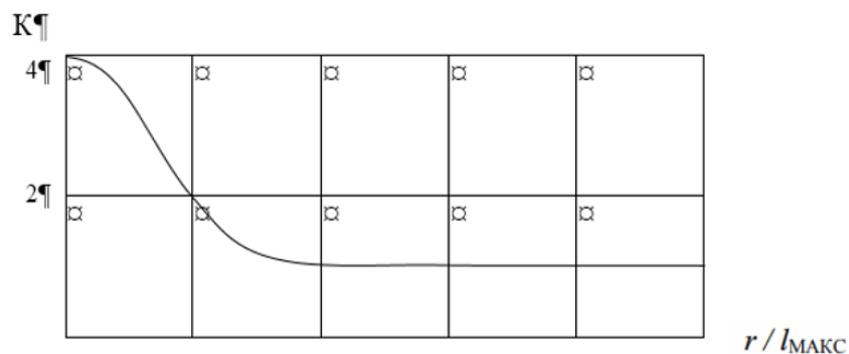


Рисунок Б.1 – График для определения коэффициента K в зависимости от отношения расстояния r к максимальному габаритному размеру источника шума $l_{\text{МАКС}}$

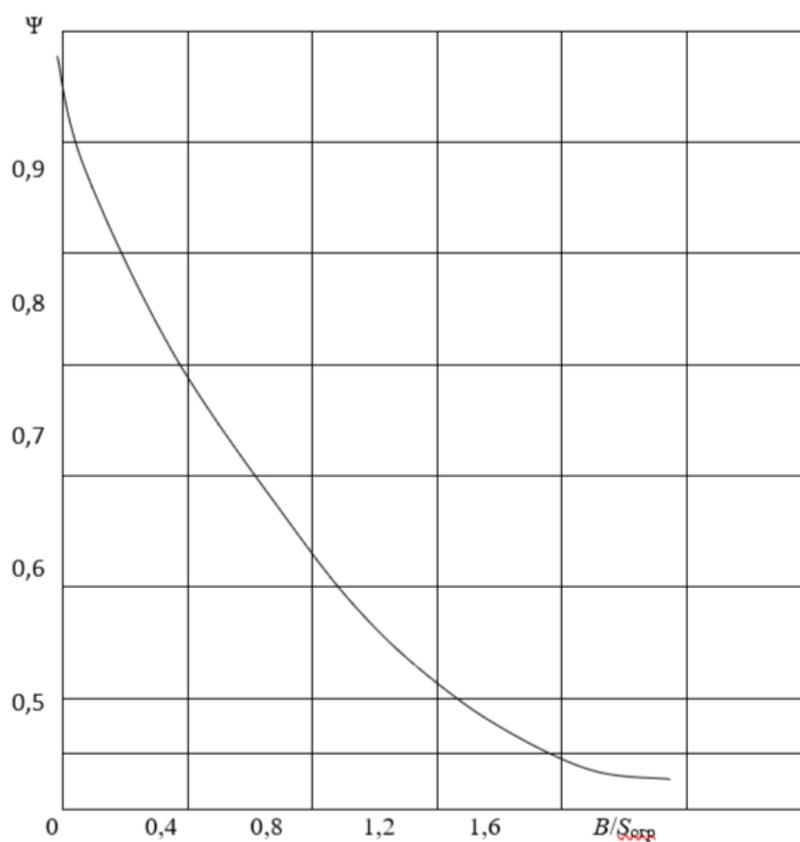


Рисунок Б.2 – График для определения коэффициента Ψ в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей $S_{\text{огр}}$

Таблица Б.1 – Постоянная помещения $V_{1\,000}, \text{ м}^2$

| Тип помещения | Описание помещения | Постоянная помещения $V_{1\,000}, \text{ м}^2$ |
|---------------|---|--|
| 1 | С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цеха, машинные залы, испытательные стенды и т. д.) | $\frac{U}{20}$ |
| 2 | С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, кабинеты, деревообрабатывающие цеха и т. д.) | $\frac{U}{10}$ |
| 3 | С небольшим количеством людей и мягкой мебелью (конструкторские бюро, учебные аудитории, рабочие комнаты, помещения управления и т. д.) | $\frac{U}{6}$ |

Таблица Б.2 – Значения частотного множителя μ

| Объем помещения $U \text{ м}^3$ | Частотный множитель μ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц | | | | | | | |
|---------------------------------|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 65 | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| $U < 200$ | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,4 | 1,8 | 2,5 |
| $U = 200\text{--}1\,000$ | 0,65 | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1 | 1,5 | 2,4 | 4,2 |
| $U > 1\,000$ | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,7 | 1 | 1,6 | 3,0 | 6,0 |

Таблица Б.3 – Допустимые октавные УЗД (эквивалентные октавные УЗД), дБ, уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА, на рабочих местах производственных помещений

| Рабочие места, производственные помещения | УЗД, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | Уровни звука, эквивал. уровни звука, дБА |
|---|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 65 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1. Помещения конструкторских бюро, программистов ВМ, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| 2. Помещения управления, рабочие комнаты | 79 | 70 | 68 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |
| 3. Кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| 4. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ; помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| 5. Помещения и участки точной сборки, машбюро | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| 6. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятия | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 85 |

Таблица Б.4 – Значение параметра L_{A7} для определения эквивалентного уровня звука автотранспортного потока

| Интенсивность движения в обоих направлениях, ед/ч | L_{A7} , дБА | Интенсивность движения в обоих направлениях, ед/ч | L_{A7} , дБА |
|--|----------------|--|----------------|
| 50 | 68,5 | 700 | 75 |
| 60 | 69 | 900 | 75,5 |
| 80 | 69,5 | 1 000 | 76 |
| 100 | 70 | 1 500 | 77 |
| 150 | 71 | 2 000 | 77,5 |
| 200 | 72 | 3 000 | 78,5 |
| 300 | 73 | 4 000 | 79 |
| 500 | 74 | 5 000 | 80 |

Таблица Б.5 – Поправки к эквивалентному уровню звука транспортных потоков на характеристику потока и условия движения

| Фактор, влияющий на шумовую характеристику транспортного потока | Возможные условия | Поправка к эквивалентному уровню звука $\Delta L_{A\text{ СК}}$, $\Delta L_{A\text{ УКЛ}}$, дБА |
|--|----------------------|--|
| Средневзвешенная скорость движения потока, км/ч | 7 | -5 |
| | 13 | -4 |
| | 20 | -3 |
| | 27 | -2 |
| | 33 | -1 |
| | 40 | 0 |
| | 47 | +1 |
| | 53 | +2 |
| | 60 | +3 |
| | 67 | +4 |
| | 73 | +5 |
| | 80 | +6 |
| | 100 | +7 |
| | 120 | +8 |
| Продольный уклон проезжей части улицы или дороги, % | 0 | 0 |
| | 2 | +1 |
| | 4 | +2 |
| | 6 | +3 |
| | 8 | +4 |

Таблица Б.6 – Поправка к эквивалентному уровню звука при средневзвешенной скорости движения

| Тип покрытия проезжей части | Поправка к эквивалентному уровню звука $\Delta L_{A \text{ ПОКР}}$, дБА, при средневзвешенной скорости движения, км/ч | | | |
|----------------------------------|--|-------------|-------------|----------|
| | менее 40 | от 40 до 60 | от 60 до 80 | более 80 |
| Асфальтобетонное | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Цементобетонное и железобетонное | 0 | +1 | +2 | +5 |
| Брусчатая мостовая | +1 | +3 | +4 | +5 |
| Мостовая из булыжного камня | +2 | +5 | +8 | +10 |

Таблица Б.7 – Снижение уровня звука зелеными насаждениями $\Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}}$, дБА

| Полоса зеленых насаждений | Ширина полосы, м | Снижение уровня звука $\Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}}$, дБА |
|---|------------------|--|
| Однорядная при шахматной посадке деревьев внутри полосы | 10–15 | 4–5 |
| | 16–20 | 6–8 |
| Двухрядная при расстояниях между рядами 3–5 м | 21–25 | 8–10 |
| Двух- или трехрядная при расстояниях между рядами 3 м; ряды аналогичны однорядной посадке | 26–30 | 10–12 |

Таблица Б.8 – Снижение уровня звука с помощью окна

| Конструкция окна | Толщина стекла, мм | Размер воздушного промежутка, мм | Величина $\Delta L_{A \text{ ОК}}$, дБА | |
|---|--------------------|----------------------------------|--|----------------------------|
| | | | при условии прилегания по периметру | |
| | | | без уплотняющих прокладок | с уплотняющими прокладками |
| Окно с открытой форточкой, узкой створкой | – | – | 10 | – |
| Одинарное окно | 3 | – | 18 | 20 |
| | 6 | – | 21 | 23 |
| Спаренное окно | 3 и 3 | 57 | 22 | 24 |
| | 6 и 3 | 57 | 26 | 28 |
| | 6 и 4 | 57 | 27 | 29 |
| Раздельно-сближенное окно | 3 и 3 | 90 | 24 | 26 |
| | 6 и 4 | 90 | 28 | 30 |
| Раздельное окно | 6 и 3 | 120 | 30 | 32 |

Таблица Б.9 – Допустимые уровни звука и эквивалентные УЗД, дБА, для жилых и общественных зданий и их территорий

| Помещение, территория | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|---|--|
| Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории школ и других учебных заведений; читательские залы, залы совещаний: днем | 40 |
| Жилые комнаты квартир, спальные комнаты домов отдыха, детских учреждений: днем ночью | 40 30 |
| Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ: днем ночью | 55 45 |

Список использованных источников

- 1 Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич [и др.] ; под ред. И. М. Богдевича. – Минск : Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.
- 2 Андруш, В. Г. Охрана труда : учеб. пособие / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачёва ; под ред. В. Г. Андруша. – Минск : РИВШ, 2021. – 620 с.
- 3 Асаёнок, И. С. Оценка акустического загрязнения производственной и окружающей среды: методическое пособие к практическим занятиям для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР / И. С. Асаёнок, А. И. Навоша, А. И. Машкович. – Минск : БГУИР, 2002. – 20 с.
- 4 Безопасность жизнедеятельности человека. В 3 ч. Ч. 1 : Основы экологии и энергосбережения : учеб.-метод. пособие / И. А. Телеш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2017. – 94 с.
- 5 Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека : учебник / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск : РИВШ, 2023. – 404 с.
- 6 Критерии оценки радиационного воздействия: Гигиенический норматив Совета Министров Республики Беларусь, 2021 г., № 37 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2021.
- 7 Показатели безопасности и безвредности вибрационного воздействия на человека: Гигиенический норматив, утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2021.
- 8 Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). Введ. 2009-10-14. – М. : Минстройархитектуры, 2010.
- 9 Об охране труда : Закон Респ. Беларусь от 23 июня 2008 г., № 356-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008.
- 10 О радиационной безопасности : Закон Респ. Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-3 (изм. и доп.: от 10 окт. 2022 г. № 208-3) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2019.
- 11 Статья 63. Обязанность содействия медицинским работникам // Закон Респ. Беларусь о здравоохранении. от 18 июня 1993 г., № 2435-ХІІ (в ред. от 21.10.2016 № 433-3) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1993.
- 12 О профессиональном пенсионном страховании : Закон Респ. Беларусь от 5 янв. 2008 г., № 322-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008.
- 13 Инструкция о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты : постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 дек. 2008 г. № 209 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008.
- 14 Инструкция по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве. – Минск : БГУ, 2007.

15 Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда : постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22 фев. 2008 г. № 35 (с изм. и доп. в постановлении Министерства труда и социальной защиты от 30 янв. 2020 г. № 13) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008.

16 Климчик, Г. Я. Лесная пирология с основами радиоэкологии. Практикум: учеб.-метод. пособие / Г. Я. Климчик, Д. И. Филон. – Минск : БГТУ, 2020. – 124 с.

17 Козловская, И. П. Основы экологии. Практикум : учеб. пособие / И. П. Козловская, С. И. Коврик, Т. В. Никонович. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 216 с.

18 Лахтин, А. Ю. Основы медицинских знаний: первая помощь при неотложных состояниях, травматических повреждениях : учеб. пособие / А. Ю. Лахтин, Т. Л. Назаренко. – Ульяновск : Зебра, 2020. – 114 с.

19 Лесной кодекс Республики Беларусь : Кодекс Республики Беларусь от 24 дек. 2015 г. № 332-3 (с доп. и изм. от 17 июля 2023 г. № 293-3) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015.

20 Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://rbic.mchs.gov.by>.

21 Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность. Практикум : учеб.-метод. пособие / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – 164 с.

22 Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь за 2019–2022 годы / Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Ин-т природопользования НАН Беларуси, Респ. унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». – Минск, 2023. – 172 с.

23 Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 февр. 2022 г. № 91 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022.

24 Овчинников, В. М. Основы эколого-энергетической устойчивости производства: учеб.-метод. пособие / В. М. Овчинников, Ю. Г. Самодум, В. В. Макеев. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 229 с.

25 О зонировании территории радиоактивного загрязнения, отнесении населенных пунктов и объектов к зонам радиоактивного загрязнения [Электронный ресурс]. – 2023. – URL : <https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/novosti/419088>.

26 Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: статистический буклет // И. В. Медведева [и др.]. – Минск : Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2024. – 35 с.

27 Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11 августа 2011 г. № 72-Р // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011.

28 О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26 мая 2017 г. № 16 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017.

29 О порядке оказания медицинской помощи : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 26 сентября 2024 г., № 143 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2024.

30 Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15 января 2004 г. № 30 (ред. 16.01.2024) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2004.

31 Положение об аттестации рабочих мест по условиям труда : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2008 г. № 253 (ред. от 03.03.2021) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008.

32 СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11 октября 2017 г. № 92 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017.

33 СН 2.04.01-2020 «Защита от шума» : постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 ноября 2020 г. № 94 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2020.

34 Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / Е. И. Громадская [и др.]. – Минск : ЦНИИКИВР, 2023. – 151 с.

35 Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

36 Счастливая, И. И. Эколого-экономические основы природопользования : практикум / И. И. Счастливая. – Минск : БГУ, 2022. – 37 с.

37 Телеш, И. А. Земля, окружающая среда и ее глобальные изменения. Пособие : пособие для практических работ / И. А. Телеш. – Минск : БГУИР, 2016. – 71 с.

38 Телеш, И. А. Земля, окружающая среда и ее глобальные изменения. Лабораторный практикум : пособие / И. А. Телеш. – Минск : БГУИР, 2017. – 73 с.

39 Томаков, М. В. Оценка уровня заболеваний и производственного травматизма : методические указания для выполнения практической работы / М. В. Томаков. – Курск : ЮЗГУ, 2023. – 16 с.

40 Челноков, А. А. Охрана труда : учебник / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап ; под ред. А. А. Челнокова. – Минск : Вышэйш. шк., 2020. – 543 с.

41 Шибут, Л. И. Исторические аспекты картографирования эродированных почв и создания почвенно-эрозионной карты Беларуси / Л. И. Шибут, Н. Н. Цыбулько, Т. Н. Азарёнок, И. И. Жукова // Почвоведение и агрохимия: сб. научных трудов, Минск, январь – июнь 2020 / Респ. Науч. дочернее унитарное предприятие «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2020. – № 1(64). – С. 37–45.

42 Безопасность жизнедеятельности человека : учебное пособие / А. В. Щур [и др.]. – Могилев : БРУ, 2021. – 412 с.

43 ЭкоНиП 17.08.06-001-2022 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух (в том числе озоновый слой). Требования экологической безопасности в области охраны атмосферного воздуха» : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27 декабря 2023г. № 17-Т // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2023.

Учебное издание

Телеш Инна Анатольевна
Хлудеев Иван Иванович
Ломонос Ольга Леонидовна и др.

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.
ПРАКТИКУМ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Ю. В. Граховская*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *Е. Г. Бабичева*

Подписано в печать 13.02.2026. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 9,42. Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 200 экз. Заказ 93.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск