ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра комплексной безопасности в строительстве

НОКСОЛОГИЯ

Методические указания к практическим занятиям
для обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Составитель Е.Ю. Челекова

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2020

УДК 614
ББК 30Н
Н79

Рецензент — кандидат технических наук, доцент *А.А. Пижурин*,
доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве НИУ МГСУ

Н79 **Ноксология** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / сост. Е.Ю. Челекова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (0,7 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: http://lib.mgsu.ru. — Загл. с титул. экрана.

В методических указаниях приведены цели и задачи практических занятий по дисциплине «Ноксология», изложены рекомендации к организации и выполнению заданий, даны методические советы по оформлению и подготовке практических заданий, содержатся теоретический и практический материал для самостоятельной подготовки к практическим занятиям.

Для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

Редактор *Е.Б. Махиянова*
Корректор *Л.В. Светличная*
Компьютерная верстка *Е.В. Гурьянчевой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 21.05.2020. Объем данных 0,7 Мб.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское ш., 26

Издательство МИСИ – МГСУ
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Оглавление

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 5

Практическая работа 1 по теме «ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТИ» 6

Практическая работа 2 по теме
«КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА ОПАСНОСТИ» 8

Практическая работа 3 по теме
«ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАННЫМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТА (ОЦЕНКА ПО КОНЦЕНТРАЦИИ СО)» 11

Практическая работа 4 по теме «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ» 15

Практическая работа 5 по теме
«РАСЧЕТ СРЕДНЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ (СПЖ) НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ» 21

Практическая работа 6 по теме
«УСТАНОВЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ» 23

Практическая работа 7 по теме
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ДОПУСТИМОГО ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ НА РАДИОАКТИВНО-ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ» 26

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ 29

БИЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 31

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Есть много путей преодоления
опасностей, если человек хоть
что-то готов говорить и делать.
Сократ

Ноксология (от греч. ноксо — опасность) — наука об опасностях материального мира Вселенной.

Дисциплина «Ноксология» изучает происхождение и совокупное действие опасностей, описывает зоны и показатели их влияния на материальный мир, оценивает ущерб, наносимый опасностями человеку и природе.

Целями и задачами дисциплины являются, прежде всего, формирование у обучающихся базовой профессиональной компетентности в части знаний теоретических основ мира опасностей и принципов обеспечения безопасности, на базе которых необходимо сформировать критерии и методы оценки опасностей, дать базисные основы для анализа источников опасности и представления о путях и способах защиты человека и природы от опасностей.

Практическая работа 1
по теме «ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТИ»

Цель работы: ознакомиться с понятием «толерантность» и законом толерантности.

Толерантность — способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

Закон толерантности: лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел толерантности) организма к заданному фактору.

Пример. В естественных условиях на поверхности Земли температура атмосферного воздуха изменяется от −88 до 60 °С, в то время как температура внутренних органов человека за счет терморегуляции его организма сохраняется комфортной, близкой к 37 °С. Наивысшая температура внутренних органов, которую выдерживает человек, — 43, минимальная — 25 °С.

Температура воздуха в рабочих и жилых помещениях, на улицах и в природных условиях существенно влияет на состояние организма человека, изменяя его жизненный потенциал. Установлено, что у человека существует зависимость комфортных для него температур окружающей среды от категории тяжести выполняемых работ (легкая, средняя, тяжелая), периода года и некоторых других параметров микроклимата. Так, для человека, выполняющего легкую работу, комфортная температура (зона *I* на рис. 1) летом составляет 23–25 °С, зимой — 22–24 °С; для человека, занимающегося тяжелым физическим трудом, комфортная температура летом — 18–20 °С, зимой — 16–18 °С. На рис. 1 показана зависимость жизненного потенциала человека от изменения температуры окружающего его воздуха при длительном выполнении легких работ.

Отклонения температуры среды от комфортных значений на ± 2–5 °С (зона *II*) считаются допустимыми, поскольку не оказывают влияние на здоровье человека, а лишь уменьшают производительность его деятельности.

Дальнейшие отклонения температуры окружающего воздуха от допустимых значений (зона *III*) сопровождаются тяжелыми воздействиями на организм человека и ухудшением его здоровья (нарушение дыхания, сердечной деятельности и др.).

При еще больших отклонениях температур окружающего воздуха от допустимых значений (зона *IV*) возможен перегрев (гипертермия) или переохлаждение (гипотермия) организма человека, а также получение им тепловых или холодовых травм.

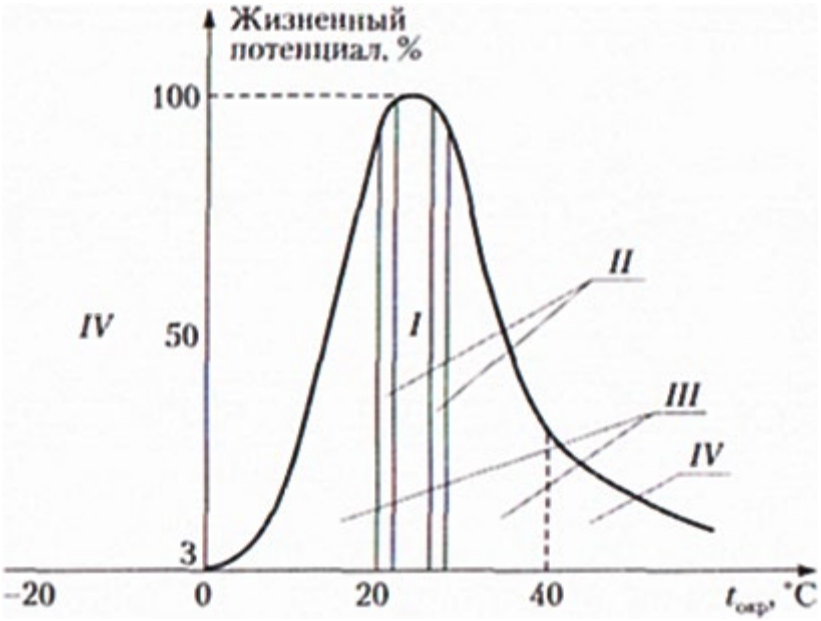

Рис. 1. Зависимость жизненного потенциала человека от температуры окружающего воздуха при длительном выполнении легких работ (кривая Шелфорда):
I — зона комфорта, $t_{окр}$ = 21−23 °С; *II* — зона допустимых температур, 17 °С < $t_{окр}$ < 26 °С;
III — опасная зона, 26 < $t_{окр}$ < 40 °С, $t_{окр}$ < 17 °С; *IV* — зона чрезвычайной опасности, $t_{окр}$ > 40 °С и $t_{окр}$ < 0 °С

Необходимо отметить, что классическая кривая Шелфорда имеет отношение только к природным факторам воздействия (в нашем примере это — температура окружающей среды). Факторы, полностью чуждые организму, могут иметь зону комфортности вблизи нуля интенсивности и только один максимальный предел воздействия.

Задание 1. Построить кривую Шелфорда для процесса влияния акустических колебаний на организм человека.

Условия задания. Реальные уровни звука в местах возможного пребывания человека могут изменяться в весьма широких пределах — от 0 до 160 дБА и сопровождаются широкой гаммой ответных реакций организма человека.

При уровнях звука до 20 дБА человек чувствует себя комфортно, не реагируя негативно на наличие звуков в окружающей его среде; уровни звука до 50 дБА не влияют на здоровье человека, занимающегося интеллектуальной деятельностью, а у людей, связанных с физическим трудом, верхняя граница может быть расширена до 80 дБА. Эти значения уровня звука соответствуют предельно допустимым условиям воздействия звука на человека в процессе его деятельности.

Дальнейший рост уровня звука свыше 80 дБА при длительных его экспозициях (до нескольких лет) может приводить к тугоухости, при этом с дальнейшим увеличением уровня звука вероятность возникновения тугоухости растет, а при уровнях звука 140 дБА и выше возможно травмирование человека из-за разрыва барабанных перепонок или контузии. При уровнях 160 дБ может наступить смерть человека.

Практическая работа 2
по теме «КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА ОПАСНОСТИ»

Цели работы: освоить классификацию опасностей, идентифицировать опасности и создать паспорт опасности.

Для идентификации (определения) опасности предложена качественная классификации по двухуровневой схеме.

В первой группе (I уровень) опасности классифицируются по происхождению, параметрам и зонам воздействия:

– виду потока, образующего опасность;
– интенсивности (уровню) воздействия опасности;
– длительности воздействия опасности на объект защиты;
– виду зоны воздействия опасностей;
– размерам зон воздействия опасности;
– степени завершенности процесса воздействия опасности на объект защиты.

Во вторую группу (II уровень) классификации опасностей сведены признаки, связанные со свойствами объекта защиты:

– способность объекта защиты различать опасности;
– вид влияния негативного воздействия опасности на объект защиты;
– численность лиц, подверженных воздействию опасности.

Все опасности принято делить на естественные, антропогенные и техногенные.

К *естественно-техногенным опасностям* следует отнести те, которые инициируются естественными процессами (землетрясения, ветры, дожди и т.п.), приводят к разрушению технических объектов (зданий, плотин, дорог и т.п.) и сопровождаются потерей здоровья и жизни людей или разрушениями элементов окружающей среды.

К *антропогенно-техногенным опасностям* относят такие опасности, которые инициируются вследствие ошибок человека (обычно оператора технической системы) и проявляются через несанкционированное действие или разрушение техники или сооружений (аварии на транспорте по вине водителей, пожары и взрывы из-за неправильного обращения с огнем, электрооборудованием и т.п.).

Кроме того, все жизненные потоки по их физической природе (виду потока) делятся на массовые, энергетические и информационные, следовательно, и возникающие при этом опасности следует воспринимать как массовые, энергетические и информационные.

Классификация опасностей по признакам, характеризующим их свойства и группу, а также воздействие на объект защиты (II группа), приведена в табл. 1.

Классификация опасностей позволяет для каждого конкретного случая подробно описать негативное событие и составить паспорт опасности.

Паспорт опасности можно представить в табличной форме (табл. 2).

Паспорт опасности необходим для правильной оценки ее негативного влияния на людей и окружающую среду, а также для выбора защитных мер, необходимых для устранения или локализации воздействия опасности.

Таблица 1

Классификация опасностей по признакам, характеризующим их свойства и группу, а также их воздействие на объект защиты

Признак	Описание опасностей
I группа. Свойства опасностей	
Происхождение	Естественные, естественно-техногенные, антропогенные, антропогенно-техногенные, техногенные
Физическая природа потоков	Массовые, энергетические, информационные
Интенсивность потоков	Опасные, чрезвычайно опасные

Окончание табл. 1

Признак	Описание опасностей
Длительность воздействия	Постоянные, переменные, периодические, импульсные, кратковременные
Вид зоны воздействия	Производственные, бытовые, городские (селитебные), зоны чрезвычайной ситуации (ЧС)
Размеры зоны воздействия	Локальные (местные), региональные межрегиональные, глобальные
Степень завершенности процесса воздействия	Потенциальные, реальные, реализованные
II группа. Свойства объекта защиты	
Способность различать (идентифицировать) опасности	Различаемые Неразличаемые
Вид негативного влияния опасности	Вредные Травмоопасные
Численность лиц, подверженных опасному воздействию	Индивидуальные (личные) Групповые (коллективные) Массовые

Таблица 2

Табличная форма паспорта опасности

Признак	Вид опасности
Происхождение	
Вид потока	
Интенсивность потока	
Длительность воздействия	
Зона воздействия	
Размеры зоны воздействия	
Степень завершенности воздействия	
Степень идентификации человеком	
Степень опасности	
Масштаб (численность) воздействия	

Пример. Паспорт опасности грозового разряда в атмосфере приведен в табл. 3.

Таблица 3

Паспорт опасности грозового разряда в атмосфере

Признак	Вид опасности
Происхождение	Естественное
Вид потока	Энергетический
Интенсивность потока	Чрезвычайно опасная
Длительность воздействия	Кратковременная
Зона воздействия	Городская и природная
Размеры зоны воздействия	Локальная
Степень завершенности воздействия	Реальная при грозе и реализованная попаданием молнии в объект защиты
Степень идентификации человеком	Различаемая
Степень опасности	Травмоопасная
Масштаб (численность) воздействия	Индивидуальный, редко групповой

Задание 1. Идентифицируйте опасности нефтеперерабатывающего завода и составьте паспорт опасности.

Задание 2. Разработайте паспорт опасности для следующих случаев:

- разгерметизация трубопровода в природной среде (труба — живая природа);
- авария на атомной электростанции (станция — окружающая среда);
- неисправность технологического оборудования, приведшая к травматизму с потерей трудоспособности одного из членов персонала;
- пожар в насосном зале (пожар — обслуживающий персонал насосного зала);
- падение давления в трубопроводе;
- сход лавины в горах (лавина — населенный пункт).
- загрязнение (в виде отходов) реки;
- воздействие шумов на животный мир, вызывающее их миграцию и отсутствие потомства;
- ослабление озонового экрана, образование большой озоновой дыры над Антарктидой.

Практическая работа 3
по теме «ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАННЫМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТА (ОЦЕНКА ПО КОНЦЕНТРАЦИИ СО)»

Цели работы: освоить методику оценки выбросов оксида углерода автотранспортом и рассчитать экологическую опасность на основании материалов, приведенных в данном практикуме.

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России, городах-курортах составляют 60–80 % от общих выбросов.

Наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05 % углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу — 0,98 %, оксида углерода соответственно — 5,1 и 13,8 %.

Для расчета массы загрязнителей, выбрасываемых в атмосферу автотранспортом, первоначально оценивают загрязненность улицы различными видами транспорта.

Сбор материала для исследования загрязненности улиц автотранспортом выполняется путем натурных наблюдений в 8, 13 и 18 часов, в ночные часы интенсивность движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза за ночь в течение 20 мин. Результатом анализа является построение зависимости числа автомобилей от времени суток для каждого из категорий автомобилей. Автомобили учитывают по трем категориям: автомобили, работающие на бензине (с карбюраторным двигателем); автомобили с дизельным двигателем; автобусы.

Итог расчета — суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ 17.2.2.03-77 (низкая интенсивность движения — 2,7–3,6 тыс. автомобилей в сутки; средняя — 8–17 тыс. автомобилей в сутки и высокая 18–27 тыс. автомобилей в сутки) и определение вклада каждого типа транспорта.

Пример. Магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон — 2°, скорость ветра — 4 м/сек, относительная влажность воздуха — 70 %, температура — 20 °С. Расчетная интенсивность движения автомобилей (N) в обоих направлениях — 500 автомашин в час. Состав автотранспорта: 10 % грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 10 % — со средней грузоподъемностью, 5 % — с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5 % автобусов и 70 % легковых автомобилей.

Формула оценки концентрации оксида углерода K_{CO}:

$$K_{CO} = (0{,}5 + 0{,}01NK_T)\, K_A K_y K_C K_B K_n,$$

где 0,5 — фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м^3;

N — суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей/час;

K_T — коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух оксида углерода;

K_A — коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_y — коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_c — коэффициент, учитывающий изменения концентрации оксида углерода в зависимости от скорости ветра;

$K_в$ — то же, в зависимости от относительной влажности воздуха;

K_n — коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле: $K_T = \sum PiK_{Ti}$, где P_i — состав автотранспорта в долях единицы; K_{Ti} — определяется по табл. 4.

Таблица 4

Коэффициент токсичности различных типов автомобилей

Тип автомобиля	Коэффициент K_{Ti}
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Подставив значения согласно заданию (или собственные данные), получаем: $K_T = 0{,}1 \cdot 2{,}3 + 0{,}1 \cdot \cdot 2{,}9 + 0{,}05 \cdot 0{,}2 + 0{,}05 \cdot 3{,}7 + 0{,}7 \cdot 1 = 1{,}41$

Значение коэффициента K_A, учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 5.

Таблица 5

Степень аэрации различных типов местности

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой $K_A = 1$.

Значение коэффициента K_y, учитывающего изменение загрязнения воздуха оксидом углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по табл. 6.

Таблица 6

Зависимость коэффициента *Ку* от продольного уклона

Продольный уклон, °	Коэффициент K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коэффициент изменения концентрации оксида углерода в зависимости от скорости ветра K_c определяется по табл. 7.

Таблица 7

Зависимость концентрации оксида углерода от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента $K_в$, определяющего изменение концентрации оксида углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 8.

Таблица 8

Зависимость концентрации оксида углерода от относительной влажности воздуха

Относительная влажность	Коэффициент $K_в$
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха оксидом углерода у пересечений приведен в табл. 9.

Таблица 9

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха оксидом углерода

Тип пересечения	Коэффициент $K_п$
Регулируемое пересечение:	
– со светофорами обычное	1,8
– со светофорами управляемое	2,1
– саморегулируемое	2,0
Не регулируемое:	
– со снижением скорости	1,9
– кольцевое	2,2
– с обязательной остановкой	3,0

Подставим значения коэффициентов, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода:

$$K_{CO} = (0{,}5 + 0{,}01 \cdot 500 \cdot 1{,}4) \cdot 1 \cdot 1{,}06 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}00 = 8{,}96 \text{ мг/м}^3$$

Предельно допустимая концентрация (ПДК) выбросов автотранспорта, рассчитываемая по концентрации оксида углерода, равна 5 мг/м^3. Снижение уровня выбросов возможно следующими мероприятиями:

– запрещение движения автомобилей;
– ограничение интенсивности движения до 300 автомобилей/час;
– замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
– установка фильтров.

Задание 1. Изучить порядок подсчета автомобилей и расчета выбросов оксида углерода;

Группа разбивается на 5–6 подгрупп, и каждая подгруппа должна провести подсчет автотранспорта на улице, указанной преподавателем, 4 раза в сутки.

Расчет автотранспорта производится с одной стороны улицы и противоположной; результаты подсчетов автотранспорта на улице за определенный промежуток времени заносят в таблицу:

Время	Тип автомобиля	Число единиц
	Легкий грузовой	
	Средний грузовой	
	Тяжелый грузовой (дизельный)	
	Автобус	
	Легковой	

Необходимо собрать и (или) определить следующие параметры:

- тип улицы — городская, улица с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилая улица с двусторонней застройкой, дорога в выемке, магистральная улица (улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.);
- уклон;
- скорость ветра;
- относительную влажность воздуха;
- наличие защитной полосы из деревьев и др.

Собранные материалы записываются, затем рассчитывается интенсивность движения.

По сводным данным рассчитывают концентрацию угарного газа в атмосфере. Полученные значения сравнивают с ПДК и предлагают мероприятия по снижению уровня загрязнения:

- запрещение движения автомобилей;
- ограничение интенсивности движения до 250 автомобилей/ч;
- замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
- установка фильтров.

Практическая работа 4
по теме «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ»

Цель работы: изучить и оценить качество питьевой воды.

Качество питьевой воды считается характеристикой совокупности состава и свойства жидкости. Оно определяет годность воды для различных целей. Водопользование оценивают по следующим характеристикам:

– объект (море, подземные или поверхностные воды);
– конечная цель (транспорт, промышленное производство, сельское хозяйство, бытовые потребности населения и т.д.);
– способ и характер использования.

В водопользовании лежат основные потребности человека. На качество водоисточника влияют:

– природные факторы: атмосфера; изъятие воды; возврат воды;
– антропогенные факторы: загрязнение воды; сооружения или технические устройства.

В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по трем показателям: бактериологическому, содержанию токсических веществ и органолептическим свойствам.

Основные источники загрязнения водоемов: бытовые сточные воды и стоки промышленных предприятий. Поверхностный сток (ливневые воды) — непостоянный по времени, количеству и качеству фактор загрязнения водоемов. Загрязнение водоемов происходит также в результате работы водного транспорта и лесосплава.

Различают водоиспользование двух категорий:

– к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;
– ко второй категории — использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

В качестве гигиенических нормативов принимают предельно допустимые концентрации — максимально допустимые концентрации, при которых содержащиеся в воде вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на организм человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенические условия водопользования. ПДК вредных веществ в водных объектах первой и второй категорий водопользования приведены в табл. 10.

Таблица 10

ПДК веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Вещество	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности
Алюминий	С-т	0,5	2
Ацетальдегид	Орг.	0,2	4
Ацетон	Общ.	2,2	3
Барий	С-т	0,1	2
Бенз(а)пирен	С-т	0,000005	1
Бензин	Орг.	0,1	3
Бензол	С-т	0,5	2
Бериллий	С-т	0,0002	1
Бор	С-т	0,5	2
Бром	С-т	0,2	2
Бутилбензол	Орг.	0,1	3
Бутилен	Орг.	0,2	3
Ванадий	С-т	0,1	3
Винилацетат	С-т	0,2	2
Висмут	С-т	0,1	2
Вольфрам	С-т	0,05	2

Окончание табл. 10

Вещество	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности
Гидрохинон	Орг.	0,2	4
Глицерин	Общ.	0,5	4
Диметилфталат	С-т	0,3	3
Диэтиламин	С-т	2,0	3
Железо	Орг.	0,3	3
Кадмий	С-т	0,01	2
Кальция фосфат	Общ.	3,51	4
Капролактам	Общ.	1,0	4
Керосин технический	Орг.	0,01	4
Кобальт	С-т	0,1	2
Кремний	С-т	10,0	2
Литий	С-т	0,03	2
Марганец	Орг.	0,1	3
Медь	Орг.	1,0	3
Метилмеркаптан	Орг.	0,0002	4
Молибден	С-т	0,25	2
Мышьяк	С-т	0,05	2
Натрий	С-т	200,0	2
Натрия хлорат	Орг.	20,0	3
Нафталин	Орг.	0,01	4
Нефть многосернистая	Орг.	0,1	4
Никель	С-т	0,1	3
Ниобий	С-т	0,01	2
Нитраты	С-т	45,0	3
Нитриты	С-т	3,3	2
Пропилбензол	Орг.	0,2	3
Пропилен	Орг.	0,5	3
Ртуть	С-т	0,0005	1
Свинец	С-т	0,03	2
Селен	С-т	0,01	2
Сероуглерод	Орг.	1,0	4
Скипидар	Орг.	0,2	4
Стирол	Орг.	0,1	3
Стрептоцид	Общ.	0,5	4
Стронций (стабильный)	С-т	7,0	2
Сульфаты	Орг.	500,0	4
Сульфиды	Общ.	Отсутствие	3
Таллий	С-т	0,0001	1
Натрия тиосульфат	Общ.	2,5	3
Фенол	Орг.	0,001	4
Формальдегид	С-т	0,05	2
Фосфор элементарный	С-т	0,0001	1
Фтор	С-т	1,5	2
Хлор активный	Общ.	Отсутствие	3

Примечание. К лимитирующим показателям вредности (*ЛПВ*) относятся: санитарно-токсикологический (*с-т*); общесанитарный (*общ.*); органолептический (*орг.*).

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

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

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций (C_1, C_2, …, C_n) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы: C_1/ ПДК$_1$ + C_2/ ПДК$_2$ +…+ $C_n/ПДК_n \leq 1$.

Пример. Исходные данные:

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
0	Бор	0,5
	Ацетон	0,0001
	Алюминий	0,4
	Сероуглерод	0,3
	Бериллий	0,0001
	Бутилен	0,15
	Хлор активный	2,0

По табл. 10 находим данные ПДК, ЛПВ и классы опасности веществ, которые даны в варианте, и заполняем таблицу:

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности	Данные для расчета
1	2	3	4	5	6	7
0	Бор	0,5	С-т	0,5	2	
	Ацетон	0,0001	Общ.	2,2	3	2
	Алюминий	0,4	С-т.	0,5	2	
	Сероуглерод	0,3	Орг.	1	4	2
	Бериллий	0,0001	С-т.	0,0002	1	
	Бутилен	0,15	Орг.	0,2	3	1
	Хлор активный	2,0	Общ.	Отсутствие	3	

Сравним фактические значения концентраций вредных веществ с нормативными: бор — ПДК не превышена; ацетон — концентрация в воде намного меньше ПДК; алюминий — концентрация меньше ПДК; сероуглерод — концентрация меньше ПДК; бериллий — концентрация меньше ПДК; бутилен — концентрация меньше ПДК; хлор активный — ПДК не установлена.

Таким образом, по данным варианта в воде находятся семь веществ различных классов опасности, но только три из них относятся к 1-му и 2-му классам опасности.

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций ($C1$, $C2$, …, C_n) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы:

$$0,5/0,5 + 0,4/0,5 + 0,0001/0,0002 = 1 + 0,8 + 0,5 = 2,3.$$

Вывод. По результатам расчета сумма отношений концентраций (C_1, C_2, …, C_n) веществ 1-го и 2-го классов опасности в водном объекте к соответствующим значениям ПДК превышает единицу и равна 2,3, следовательно, вода не относится к первой категории водопользования и не является питьевой. Концентрации остальных веществ, находящихся в воде, не превышают предельно допустимых значений. Вода относится ко второй категории водопользования.

Задание 1:

– ознакомиться с методикой;
– выбрать вариант (табл. 11);
– провести классификацию нормативных требований к питьевой воде;

– дать классификацию категорий водопользования;
– перечислить лимитирующие показатели вредности;
– привести гигиенические нормативы для вредных веществ, содержащихся в пробах питьевой воды согласно данным варианта;
– сравнить фактические значения концентраций вредных веществ по варианту с нормативными;
– если присутствуют вещества I и II классов опасности — провести оценку качества питьевой воды по формуле, приведенной выше.

Таблица 10

Варианты заданий по теме «Оценка качества питьевой воды»

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
01	Алюминий	0,4
	Бериллий	0,0001
	Бутилен	0,15
	Ацетон	2,0
	Хлор активный	0,0001
02	Свинец	0,02
	Висмут	0,08
	Скипидар	0,1
	Нитраты	40,0
	Фенол	0,0002
03	Медь	0,8
	Ниобий	0,005
	Селен	0,002
	Нафталин	0,02
	Натрия хлорат	10,0
04	Бензин	006
	Ртуть	0,0001
	Фосфор элементарный	0,0001
	Диметилфталат	1,0
	Нефть многосернистая	0,001
05	Фтор	1,0
	Глицерин	0,3
	Кадмий	0,01
	Диэтиламин	1,0
	Бутилбензол	0,01
06	Ванадий	0,05
	Железо	0,04
	Кобальт	0,1
	Кальция фосфат	3,0
	Таллий	0,0001
07	Бенз(а)пирен	0,00001
	Кремний	1,0
	Гидрохинон	0,1
	Ацетальдегид	0,05
	Стирол	0,01
08	Марганец	0.04
	Сульфаты	50,0
	Литий	0,01
	Нитриты	3,5
	Формальдегид	0,03
09	Капролактам	0,7
	Метилмеркаптан	0,00001
	Бром	0,15
	Вольфрам	0,04
	Натрий	150,0

Продолжение табл. 10

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
10	Молибден Керосин технический Стронций стабильный Никель Стрептоцид	0,4 0,005 2,5 0,1 0,4
11	Барий Алюминий Фенол Нитриты Скипидар	0,07 0,45 0,0008 3,0 0,2
12	Стронций стабильный Нитриты Медь Нафталин Литий	5,0 2,5 0,9 0,01 0,02
13	Мышьяк Натрия тиосульфат Фтор Алюминий Марганец	0,01 1,5 1,0 0,35 0,01
14	Бензин Никель Селен Барий Литий	0,1 0,1 0,007 0,01 0,02
15	Сульфиды Винилацетат Сероуглерод Бензол Натрия тиосульфат	0,00002 0,15 1,2 0,4 2,0
16	Мышьяк Бор Пропилен Сульфиды Глицерин	0,003 0,3 0,4 0,00001 0,6
17	Фтор Пропилен Ниобий Натрий Никель	1,0 0,45 0,008 150,0 0,4
18	Кадмий Ванадий Бутилен Бром Стирол	0,001 0,1 0,17 0,1 0,1
19	Стирол Капролактам Ртуть Таллий Кремний	0,09 0,5 0,0004 0,00005 6,7
20	Формальдегид Вольфрам Кобальт Скипидар Диметилфталат	0,04 0,04 0,05 0,2 1,5

Окончание табл. 10

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
21	Селен	0,005
	Алюминий	0,1
	Фтор	1,3
	Винилацетат	0,16
	Нитраты	35,0
22	Ацетальдегид	0,1
	Формальдегид	0,02
	Сульфид	0,0001
	Ртуть	0,0001
	Стронций стабильный	1,0
23	Натрия тиосульфат	0,5
	Никель	0,1
	Медь	0,2
	Барий	0,05
	Висмут	0,01
24	Бензин	0,1
	Нитриты	1,0
	Мышьяк	0,01
	Бром	0,15
	Кальция фосфат	2,5
25	Вольфрам	0,04
	Марганец	0,15
	Глицерин	0,4
	Натрий	150,0
	Кобальт	0,1

Практическая работа 5
по теме «РАСЧЕТ СРЕДНЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ (СПЖ) НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ»

Цель работы: научиться рассчитывать СПЖ населения в зависимости от дозы загрязнения среды обитания радионуклидами.

Радиоактивное загрязнение местности крайне отрицательно влияет на здоровье проживающих в ней людей. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) допускает, что при получении человеком сверхнормативного уровня дозы облучения в 0,01 Зв (1 бэр) сокращение жизни может составить 5 сут. из 25 000, которые в среднем живет человек. Важно: доза обусловлена внешним и внутренним облучением.

Задание 1. Расчет проводится с учетом современных методов, утвержденных Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, предназначенных для определения доз облучения населения, проживающего на территории, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Сокращение продолжительности жизни при равной степени загрязнения территории радионуклидами определяется в следующей последовательности.

1. Рассчитывается доза внешнего облучения D за 70 лет (за всю жизнь) по формуле (рекомендованной ООН):

$$D = K \cdot П,$$

где D — доза облучения, бэр;

П — начальная плотность загрязнения местности ^{137}Cs (цезий-137, один из главных компонентов радиоактивного загрязнения атмосферы, радиоактивный нуклид химического элемента цезия), Ки/км^2;

K — коэффициент, зависящий от типа почв и изменяющийся в диапазоне от 0,2 до 0,8. Для песчаных почв $K = 0{,}8$; для черноземных $K = 0{,}2$; в расчетах обычно применяют $K = 0{,}6$.

2. Рассчитывается потеря показателя СПЖ за 70 лет по формуле ΔСПЖ = 5D, где ΔСПЖ — потеря СПЖ, сут.
3. Ситуацию можно улучшить за счет переезда из загрязненной зоны в благоприятную зону. При переезде через 5 лет после аварии предотвращаемая доза рассчитывается как разность между дозой без применения контрмеры (переезд) и дозой после прекращения действия введенной контрмеры, она может составить около 30 % от ожидаемой за 70 лет при переезде через 5 лет, 15 % — через 10 лет, 10 % — через 20 лет.
4. Рассчитывается доза внутреннего облучения и суммарное облучение за 5, 10, 20 и 70 лет, полагая, что внутреннее облучение (от загрязнения воды и продуктов) составит около 40–60 % от внешнего. При этом под суммарным облучением понимается сумма внешнего и внутреннего облучения.

Расчет ΔСПЖ необходимо выполнить для плотности загрязнения 20, 40, 60, 80, 100, 400 и 700 Ки/км^2. Результаты расчета необходимо оценить в процентах исходя из условия, что в течение 70 лет человеку отпущено 70 · 365 = 25 550 сут. Результаты представляют в табличном виде (табл. 12, 13).

Таблица 12

Таблица расчетных показателей

Расчетная величина	Плотность загрязнения местности ^{137}Cs, Ки/км^2						
	20	40	60	80	100	400	700
На месте облучения							
Доза внешнего облучения D, бэр							
ΔСПЖ, сут.							
ΔСПЖ, %							

Окончание табл. 12

Расчетная величина	Плотность загрязнения местности ^{137}Cs, Ки/км^2						
	20	40	60	80	100	400	700
При переезде через 5 лет							
Доза внешнего облучения D_5, бэр							
ΔСПЖ, сут.							
ΔСПЖ, %							
При переезде через 10 лет							
Доза внешнего облучения D_{10}, бэр							
ΔСПЖ, сут.							
ΔСПЖ, %							
При переезде через 20 лет							
Доза внешнего облучения D_{20}, бэр							
ΔСПЖ, сут.							
ΔСПЖ, %							

Таблица 13

Расчет внешней и суммарной дозы облучения

Расчетная величина	Плотность загрязнения местности ^{137}Cs, Ки/км^2						
	20	40	60	80	100	400	700
На месте облучения							
Доза внешнего облучения D, бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							
При переезде через 5 лет							
Доза внешнего облучения D_5, бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							
При переезде через 10 лет							
Доза внешнего облучения D_{10}, бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							
При переезде через 20 лет							
Доза внешнего облучения D_{20}, бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							

Практическая работа 6
по теме «УСТАНОВЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ»

Цели работы: освоить методики ускоренного расчета ПДК в среде обитания и определить ПДК.

Предельно допустимая концентрация — норматив, определяющий опасность химических веществ, который является барьерным показателем, устанавливаемым для профилактики загрязнения среды обитания.

Ориентировочные безопасные уровни воздействия **(ОБУВ)** — временный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, определяемый по физико-химическим свойствам веществ или интерполяцией, экстраполяцией в рядах соединений, близких по строению или острой токсичности. Все эмпирические зависимости для расчета ПДК составляются на основе ОБУВ.

Расчет ПДК (ОБУВ) в воздухе рабочей зоны. Для ориентировочных расчетов ПДК высококипящих органических соединений, поступающих в воздушную среду рабочей зоны в виде аэрозолей, предложены формулы, которые используют известные показатели токсичности CL_{50} и DL_{50}:

$$\lg \text{ПДК} = 0{,}91 \lg CL_{50} + 0{,}1 + \lg M,$$

$$\lg \text{ПДК} = \lg DL_{50} - 3{,}1 + \lg M,$$

где *ПДК* измеряется в миллиграммах на кубический метр (мг/м^3);

CL_{50}, DL_{50} — в миллимолях на килограмм (ммоль/кг);

M — молекулярная масса.

Пример. Определим ПДК монохлордибромтрифторэтана, если известно, что CL_{50} = 22,2 мг/л. Вначале выразим CL_{50} в миллимолях на литр с учетом того, что

$$1 \text{ ммоль/л} = 1 \text{ мг/л} / M = 22{,}2/276 = 0{,}08.$$

Подставив найденные значения в формулы:

$$\text{ПДК} = 0{,}91 \lg 0{,}08 + 0{,}1 + \lg 276, \text{ получим ПДК} = 1{,}548 \text{ и ПДК} = 35 \text{ мг/м}^3.$$

При расчете ОБУВ неорганических газов и паров за рабочий день можно воспользоваться формулой:

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з.}} = \lg \text{CL}_{50} + 0{,}4 + \lg M,$$

или в упрощенном виде

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з.}} = 2{,}52\ CL_{50}.$$

Для аэрозолей и оксидов металлов, малорастворимых соединений металлов:

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з.}} = 0{,}85\ 1\text{g}\ DL_{50} - 3{,}0 + \lg M - \lg N,$$

где DL_{50} — смертельная доза для 50% мышей при внутрибрюшном введении и последующем наблюдении в течение недели, выраженная в милллиатомах на килограмм массы тела (мА/кг);

N — число атомов металла в молекуле вещества.

Для расчета ориентировочных величин ПДК кадмиевых композиций на основе их электронно-информационного строения рекомендованы следующие формулы:

– $\lg ПДК = 0{,}85 \lg DL_{50} - 4{,}5 + \lg M$ — при содержании кадмия более 10 %;

– $\lg ПДК = 0{,}85 \lg DL_{50} - 3{,}8 + \lg M$ — при содержании кадмия менее 10 %.

Для растворимых солей металлов:

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з.}} = 0{,}71 \lg \text{Lim}_{\text{ca}} - 0{,}85.$$

В этих формулах ПДК измеряется в миллиграммах на кубический метр (мг/м^3), DL_{50} — в милли-атомах на килограмм массы тела (мА/кг), Lim — в миллиграммах на килограмм (мг/кг).

Расчетные методы предусматривают установление ПДК по физико-химическим константам. Формулы для расчета ПДК химических веществ в воздухе рабочей зоны выведены методом регрессионного анализа. Для летучих органических соединений сугубо ориентировочные ПДК можно рассчитать по формулам:

$$\lg ПДК = -0{,}01\,M + 0{,}4 + \lg M,\ \lg ПДК = 0{,}011 t_{кип} + 0{,}6 + \lg M,$$
$$\lg ПДК = -2{,}2\,Y + 1{,}6 + \lg M,$$

где $t_{кип}$ — температура кипения, °С; Y — плотность соединения, г/см^3.

Проводить расчеты по данным формулам можно лишь для тех органических веществ, физико-химические константы которых укладываются в следующие границы:

– молекулярная масса — M = 30–300 г;
– плотность — Y = 0,6–2,0 г/см;
– температура кипения — $t_{кип}$ = –100 – 300 °С;
– температура плавления — $t_{пл}$ = –190 –180 °С;
– показатель преломления — n = 1,3 – 1,6.

Для получения более достоверных результатов необходимо провести расчеты по нескольким показателям, а затем найти среднее логарифмическое значение ПДК. Данные формулы предусматривают внесение поправок на химическое строение таким образом, чтобы полученная ПДК была увеличена или уменьшена на величину соответствующей поправки: в табл. 14 приведены поправки к расчетным значениям ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ$_{р.з.}$), зависящие от химического строения вещества.

Для веществ, действующих преимущественно неспецифически, поправки имеют знак «+», а для веществ с выраженным специфическим действием — знак «–».

Для веществ с резко выраженными специфическими и неспецифическими свойствами ориентировочные значения ПДК$_{р.з.}$ отклоняются от узаконенных: для веществ неспецифического действия (с низкой химической активностью) расчетные величины оказываются заниженными, а преимущественно специфического действия (с выраженной химической активностью) — завышенными.

Ориентировочные ПДК веществ, находящихся в одних и тех же гомологических рядах с уже нормированными веществами, предложено рассчитывать по формуле ПДК$_{р.з.}$ = $1000M\Sigma l_i$, учитывающей гомологический ряд соединения, его молекулярную массу и биологическую активность Σl_i, химических связей атомов в молекуле нормируемого вещества.

Таблица 14

Поправки к расчетным значениям ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ$_{р.з.}$)

Характеристика группы соединений	Поправка
Насыщенные алифатические углеводороды	+0,5
Насыщенные кетоны, спирты, простые и сложные эфиры жирного ряда	+0,5
Углеводороды циклические насыщенные и с бензольным кольцом (за исключением бензола и первых членов гомологического ряда)	+0,5
Соединения с тройной связью в прямой цепи	–0,5
Амины жирного ряда	–1,0
Анилин и его производные	–1,0
Ангидриды кислот	–1,0
Циклические соединения, содержащие в боковой цепи группу	–1,0
Соединения с группой OHO_2 в прямой цепи	–1,0
Наличие двойной или тройной связи вместе с активным элементом или группой (Cl, Br, I, NO_2, OH)	–1,0
Вещества, содержащие эпоксигруппу	–1,5
Фосфорорганические соединения	–1,5
Альдегиды	–1,5
Соединения, отщепляющие группу CN	–2,0

Задание 1. Определить ПДК ацетона, бензилового спирта, изовалериановой кислоты, гексана, глицерина, диоксина, диэтиламина, анилина, уксусного ангидрида, трихлорэтилена в воздухе рабочей зоны по физико-химическим характеристикам. Для решения задачи необходимо использовать пример расчета, приведенный в пособии. Физико-химические константы веществ взять из справочной литературы (химических справочников).

Исходные данные веществ даны в табл. 15.

Таблица 15

Исходные данные

Вещество	$ПДК_{р.з.}$	КВИО	$DL_{50}X$	CL_{50}	$DL_{50}X$	$S_{c/c}$	$S_{c/h}$
1	0,15	270	456	350	125	17	8
2	650	165	1155	45 000	3200	68	5.2
3	15	47	11	2140	200	41	6
4	5	1,0	285	645	960	97	72
5	13	29	177	2700	1870	7	5

Практическая работа 7
по теме «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ДОПУСТИМОГО ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ НА РАДИОАКТИВНО-ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ»

Цель работы: Ознакомиться с определением дозы облучения и времени пребывания на радиоактивно-зараженной местности (РЗМ).

Определение возможных доз облучения при нахождении на РЗМ. Экспозиционная доза радиации Д за время от t_1 до t_2 определяется по формуле (1):

$$Д = (5P_1t_1 - 5P_2t_2) / K_{осл}, \quad (1)$$

где P_1, P_2 — уровни радиации на различное время;

$K_{осл}$ — коэффициент ослабления радиации.

Экспозиционная доза гамма излучения $Д_\gamma$, полученная за промежуток времени от t_1 до времени полного распада радиоактивных веществ, когда $P_2 = 0$, равна:

$$Д_\gamma = 5P_1t_1 / K_{осл}. \quad (2)$$

На практике для вычисления часто используют упрощенные формулы:

$$Д = P_{ср}t / K_{осл}. \quad (3)$$

где $P_{ср}$ — средний уровень радиации, определяемый как среднее арифметическое из измерений уровня радиации по формуле:

$$P_{ср} = (P_{вх} + P_1 + P_2 + ... + P_{вых}) / n, \quad (4)$$

где $P_{ср}$, $P_{вых}$ — уровень радиации в момент входа и выхода из РЗМ;

n — число измерений;

T — время пребывания на РЗМ.

Изменение уровня радиации на РЗМ определяется по формуле:

$$P_t = P_0 \cdot K \cdot t, \quad (5)$$

где K_t ($K_{пер}$) — коэффициент пересчета уровня радиации на различное время t после ядерного взрыва:

$$K_{пер} = (t / t_0)^{-1,2}. \quad (6)$$

Уровень радиации снижается в 10 раз при семикратном увеличении времени, т.е. если через 1 ч после радиоактивного заражения $P_0 = 300$ р/ч, то через 7 ч уровень радиации $P = 10$ р/ч.

Пример. На объекте через 1 ч после радиоактивного заражения замерен уровень радиации, он составил 300 р/ч. Определить дозы, которые получат рабочие объекта в производственном одноэтажном здании за 4 ч, если известно, что облучение началось через 8 ч после радиоактивного заражения.

1. Определим $T_{вх} = 8$ ч, $T_{вых} = 8 + 4 = 12$ ч.
2. Найдем по формуле пятое значение уровней радиации на время входа и выхода:

$$P_8 = P_1(t_8/t_1)^{-1,2} = 300 \cdot (8/1)^{-1,2} = 24,7 \text{ р/ч};$$
$$P_{12} = P_1(t_{12}/t_1)^{-1,2} = 300 \cdot (12/1)^{-1,2} = 15,2 \text{ р/ч}.$$

3. По формуле (1) вычислим экспозиционную дозу, которую получат рабочие за 4 ч, если для производственного одноэтажного здания $K_{осл} = 7$:

$$Д = (5 \cdot 24,7 \cdot 8 - 5 \cdot 15,2 \cdot 12) / 7 = 10,9 \text{ р}.$$

Задание 1. На объекте через 1 ч после радиоактивного заражения замерен уровень радиации X р/ч. Определить дозы, которые получат рабочие объекта в производственном одноэтажном здании за T ч, если известно, что облучение началось через 8 ч после радиоактивного заражения. Исходные данные приведены в табл. 16.

Задание 2. Определить дозу радиации, которую могут получить люди за 4 ч спасательных работ на открытой местности, если команда прибыла в район работ с уровнем радиации в момент входа $P_{вх}$, далее уровень радиации измеряли каждый час.

Таблица 16

Исходные данные к заданиям 1, 2

Вариант	P_0 , р/ч	T, ч	$P_{вх}$, р/ч	P_1, р /ч	P_2, р/ч	P_3, р/ч	$P_{вых}$, р/ч
1	30	6	10	7	6	4	2
2	250	2	12	9	7	5	3
3	270	3	8	6	5	3	2
4	230	4	6	5	4	3	1
5	200	5	8	6	5	3	2
6	290	3	6	5	4	3	1
7	300	6	8	6	5	4	2
8	220	2	14	15	10	8	5
9	200	4	6	4	3	2	1
10	210	5	10	8	7	5	2

Определение допустимой продолжительности пребывания на РЗМ. Исходные данные:

– уровень радиации в момент входа $P_{вх}$;
– заданная доза облучения $Д_{зад}$;
– коэффициент ослабления дозы радиации $K_{осл}$;
– время начала обучения $T_{вх}$.

Необходимым является условие, чтобы полученная доза радиации Д, определенная по формуле (1), не превышала заданную: $Д < Д_{зад}$.

Согласно формуле (5):

$$P_{вых} = P_{вх}\,(t_{вых} / t_{вх})^{-1,2}\ ;$$

$$t_{вых} = t_{вх} + T\ ,$$

где T— продолжительность облучения.

Решив систему уравнений, получаем значение допустимой продолжительности облучения:

$$T = t_{вх}{}^{6} / (t_{вх} - Д_{зад} K_{осл} / 5P_{вх})^{5} - t_{вх}\ . \qquad (7)$$

Допустимое время пребывания на РЗМ можно приближено определить по формуле:

$$T = Д_{зад} K_{осл} / P_{вх}\ . \qquad (8)$$

Задание 3. Определить допустимую продолжительность пребывания рабочих на зараженной территории завода, если работы начались через t ч после заражения, а уровень радиации в это время составлял X р/ч. Установлена допустимая доза 20 р. Работы ведутся внутри каменных трехэтажных зданий. Исходные данные приведены в табл. 17. $K_{осл} = 6$.

Таблица 17

Исходные данные к заданию 3

Вариант	$P_{вх}$, р/ч	$Д_{зад}$, р	$t_{вх}$, ч
1	100	20	3
2	120	10	1
3	200	20	2
4	120	10	2

Окончание табл. 17

Вариант	$P_{вх}$, р/ч	$Д_{зад}$, р	$t_{вх}$, ч
5	150	25	3
6	100	20	4
7	130	25	2
8	150	20	3
9	140	20	2
10	120	25	3

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Авария — разрушение сооружений, оборудования, технических устройств, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ, создающие угрозу жизни и здоровью людей.

Антропогенные опасности — опасности, которые возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

Антропогенно-техногенные опасности — опасности, связанные с усилением действия непосредственно антропогенных опасностей за счет взаимодействия человека с техническими системами или современными технологиями.

Безопасность жизнедеятельности — наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой.

Безопасность объекта защиты — состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации из окружающей среды не превышает максимально допустимых значений.

Бытовые опасности — опасности, классифицируемые по признаку видов зон воздействия. Как правило, бытовые опасности являются локальными, ограниченными размерами помещений.

Глобальные опасности — опасности, классифицируемые по размерам зоны воздействия и отличающиеся всеобщим характером, охватывающие весь земной шар. К числу глобальных опасностей относятся, например, такие явления, как потепление климата (парниковый эффект) или разрушение озонового слоя.

Естественные опасности — опасности, обусловленные климатическими и природными явлениями. Они возникают при изменении погодных условий и естественной освещенности биосферы, а также во время стихийных явлений, происходящих в биосфере (наводнения, землетрясения и т.д.).

Естественно-техногенные опасности — опасности, связанные с усилением действия непосредственно естественных опасностей за счет взаимодействия с объектами техносферы.

Жизнедеятельность — процесс непрерывного взаимодействия человека со средой обитания в целях удовлетворения своих потребностей; повседневная деятельность и отдых, способ существования человека.

Защита от опасностей — способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека в среде обитания.

Зона гибели — пределы толерантности по фактору воздействия, совпадающие со значениями максимума и минимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно.

Зона допустимых значений фактора воздействия — область нормальной жизнедеятельности.

Зона оптимума — зона интенсивности фактора воздействия с точкой комфорта (точка максимума жизненного потенциала), являющаяся областью нормальной жизнедеятельности.

Зона угнетения — зона интенсивности фактора воздействия с большими отклонениями его значения от оптимума.

Импульсные или кратковременные опасности — опасности, воздействие которых характерно для аварийных ситуаций, а также при залповых выбросах (например, при запуске ракет). Многие стихийные явления (например, грозу, сход лавин и т.п.) также относят к этой категории опасностей.

Индивидуальные опасности — опасности, относящиеся к отдельному лицу и классифицируемые по признаку численности людей, подверженных опасному воздействию.

Информационные опасности — опасности, характеризующиеся движением через живое тело потоков информации и классифицируемые по признаку видов потоков в жизненном пространстве.

Квантификация опасностей — количественная оценка опасностей.

Локальные опасности — опасности, классифицируемые по размерам зоны воздействия и отличающиеся местным, не выходящим за определенные пределы, характером. Как правило, к их числу относятся бытовые и производственные опасности, ограниченные размерами помещений.

Массовые опасности — опасности, относящиеся к широким кругам населения и классифицируемые по признаку численности людей, подверженных опасному воздействию.

Межрегиональные опасности — опасности, воздействующие одновременно на территории двух и более сопредельных государств. В этом случае опасные зоны и опасности становятся меж-

региональными, а поскольку источники опасности, как правило, расположены на территории одного государства, то при ликвидации последствий этих аварий возникают ситуации, приводящие к трудностям политического характера.

Неразличаемые опасности — опасности, классифицируемые по признаку избирательной идентификации опасности органами чувств человека, куда входит ряд опасных воздействий, которые не идентифицируются человеком: инфразвук, ультразвук, электромагнитные поля и излучения, ионизирующие излучения и др.

Переменные (в том числе периодические) опасности — опасности, которые характерны для условий реализации циклических процессов: шум в зоне аэропорта или около транспортной магистрали, вибрация от средств транспорта и т.д.

Постоянные опасности — опасности, действующие в течение рабочего дня, суток и, как правило, связанные с условиями пребывания человека в производственных и бытовых помещениях, с его нахождением в городской среде или в промышленной зоне.

Потенциальная опасность — это угроза общего характера, не связанная с координатами пространства и временем воздействия.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — максимальное значение вредного фактора, которое при воздействии этого фактора на человека, не вызывает у него или у его потомства патологических, даже скрытых или временно компенсируемых изменений, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно компенсаторных возможностей, иммунных реакций, нарушение физиологических циклов, а также психологических нарушений.

Производственные опасности — опасности, классифицируемые по признаку видов зон воздействия. Как правило, производственные опасности являются локальными, ограниченными размерами помещения.

Различаемые опасности — опасности, классифицируемые по признаку избирательной идентификации опасности органами чувств человека, куда входит ряд опасных воздействий (вибрация, шум, нагрев, охлаждение и т.д.), которые человек идентифицирует с помощью органов чувств.

Реализованные опасности — опасности, классифицируемые по признаку степени завершенности процесса воздействия опасности на объекты защиты, который характеризуется фактом воздействия реальной опасности на человека и (или) среду обитания, приведшим к потере здоровья или к летальному исходу человека, к материальным потерям.

Реальная опасность — это угроза реализации опасности в конкретной точке пространства.

Региональные опасности — опасности, классифицируемые по размерам зоны воздействия и относящиеся к какой-либо отдельной области, отдельной стране или нескольким соседним странам.

Техногенные опасности — опасности, которые создают элементы техносферы (машины, сооружения, вещества).

Толерантность — способность организма переносить неблагоприятное воздействие (влияние) того или иного фактора среды обитания.

Травмоопасные воздействия — опасности, классифицируемые по признаку воздействия на человека, которое принято называть «травмирующий фактор».

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Энергетические опасности — опасности, характеризующиеся движением через живое тело избыточных потоков энергии.

БИЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов С.В. Ноксология : учебник / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; под общ. ред. С.В. Белова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2013. — 431 с.
2. Ноксология : учебник / Е.Е. Барышев [и др.]. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2014. — 160 с.
3. Логинов В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата : монография / В.Ф. Логинов. — Минск : Белорусская наука, 2012. — 266 с.
4. Ноксология : учебное пособие / С.В. Ефремов [и др.] ; под ред. С.В. Ефремова. — Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2012. — 250 с.