

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ И
ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ВОЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»**

Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
Разработчик: доцент, к.т.н., Манвелова Н.Е.

Санкт-Петербург
2015

Лабораторные работы № 1- 5

«Определение органолептических и физических показателей воды природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС»

Цель выполнения работ: определить физические и органолептические показатели природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения на месте дислокации ВС (запах, мутность, цветность, рН), установить соответствие полученных данных санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам (СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»); провести определение физических и органолептических: запах, мутность, цветность, рН, температура воды природного источника.

Оборудование, реактивы, материалы:

- набор пробирок 20 шт.,
- штатив для пробирок;
- мутномерная пробирка бесцветная прозрачная высотой 15-20 см - 1 шт;
- образец шрифта для определения мутности;
- лист темной бумаги (в качестве фона);
- ртутный термометр;
- стакан стеклянный на 150 мл – 2 шт.
- бумажные фильтры (белая, синяя лента);
- универсальная индикаторная бумага.

- пробирка бесцветная прозрачная высотой 15-20 см – 1 шт.;
- лист белой бумаги (в качестве фона).
- воронка лабораторная,
- пробирка колориметрическая с пробкой (2 шт.),
- штатив для пробирок
- фильтры «синяя лента».
- хром-кобальтовая шкала цветности в виде модельных эталонных растворов (0; 10, 20; 30; 40; 60, 100, 300, 500 градусов цветности)
 - пленочный вариант контрольной шкалы «Цветность» (0; 30; 100; 300, 1000 градусов цветности);
 - исследуемые пробы воды в склянках

№ 1 - проба питьевой воды;

№ 2 - проба воды, отобранной из природного источника (модельная).

Для водоснабжения воинских подразделений используют поверхностные воды рек, озер, каналов, водохранилищ и прудов, а также подземные воды. Особенностью всех поверхностных вод являются сезонные колебания их состава, что в свою очередь проявляется в изменении таких показателей качества воды как: мутность, цветность, щелочность, жесткость, температура.

Состав питьевой воды определяется совокупностью физико-географических условий (климат, рельеф местности, почвенный покров, характер растительности) и деятельностью человека (строительство ГЭС, регулирование стока, сброс сточных вод и пр.).

Выделяют три группы показателей, определяющих качество питьевой воды:

А – характеризующие органолептические свойства;

Б – характеризующие химический состав воды;

В – характеризующие эпидемиологическую безопасность.

К основным физическим и органолептическим показателям питьевой воды относятся: **запах, мутность, цветность, прозрачность, рН (водородный показатель), температура.**

Органолептические свойства нормируются по интенсивности их восприятия человеком – это запах, привкус, цветность, прозрачность, мутность, температура, примеси (пленка, водные организмы, пена).

Температура. Этот показатель зависит от происхождения источника водоснабжения, времени года. Температуру определяют сразу после отбора пробы или непосредственно в водоеме термометром с ценой деления 0,1 °С. Термометр в измеряемой воде держат в воде не менее 5 минут.

Мутность. Вода бывает мутной из-за присутствия в ней взвешенных частиц: глины, песка, ила, органических взвесей, недостаточного качества очистки.

Существует несколько методов определения мутности воды: весовой, визуальный (сравнение мутности исследуемой воды со стандартным образцом), фотоэлектроколориметрический (основан на способности взвешенных частиц рассеивать свет).

Прозрачность воды характеризуется её свойством пропускать свет (светопропусканием). Ослабление светопропускания вод обусловлено окраской и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных веществ, а также взвешенных веществ и микрообъектов.

Мерой прозрачности является высота столба воды, при которой ещё можно наблюдать опускаемую белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге фигуру определенного размера и типа (черную крестообразную метку либо шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в метрах или в сантиметрах с указанием способа измерения.

Значение мутности воды и прозрачности воды взаимосвязаны и взаимозависимы. Прозрачность воды определяют наряду с мутностью.

Запах. В зависимости от происхождения запахи делят на две группы:

1-я – запах естественного происхождения (от живущих и умирающих в воде организмов, влияния берегов, дна, срубов колодцев, состояния водопроводной сети);

2-я – запах искусственного происхождения (от обработки водопроводной воды реагентами, длительного хранения и пр.).

Запахи первой группы определяют при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, второй – при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Запахи воды определяют по классификации, представленной в табл. 1.

Чистая природная и питьевая вода запахов не имеет.

Интенсивность запаха (вкуса) воды определяют по 5-балльной шкале (Табл 1).

Таблица 1

Классификация запахов воды

Символ	Характеристика
А	Ароматный
Б	Болотный
Г	Гнилостный
Д	Древесный
З	Землистый
П	Плесневелый
Р	Рыбный
С	Сероводородный
Т	Травянистый

Н Х	Неопределенный Хлорный
--------	---------------------------

Таблица 2

Интенсивность запахов (вкуса)

Балл	Запах (вкус)	Описание определения
0	Отсутствует	Не ощущается
1	Очень слабый	Обнаруживается только опытным исследователем
2	Слабый	Обнаруживается потребителем только в том случае, если указать на него
3	Заметный	Обнаруживается потребителем, вызывает его неодобрение
4	Отчетливый	Обращает на себя внимание и делает воду не пригодной для питья
5	Очень сильный	Делает воду совершенно не пригодной для питья

Цветность. Это природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Гуминовые вещества, образующиеся при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в водоемы. В некоторых случаях цветность воды повышается из-за ненадлежащего качества очистки воды.

Чистая вода в малом объеме бесцветна, в толстом слое – голубоватого оттенка. Иные оттенки свидетельствуют о наличии в воде различных растворимых и взвешенных примесей.

Цветность воды определяется в *градусах цветности* колориметрическим методом: путем сравнения цвета исследуемой воды с эталонной шкалой (хромат-кобальтовой), имитирующей эту окраску.

Вода, имеющая цветность < 20 градусов, считается бесцветной.

pH (концентрация ионов водорода или активная реакция воды). Водородный показатель выражают величиной *pH*, представляющей собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком:

$$pH = -\lg C_{H^+} \quad (1)$$



pH определяют в интервале от 1 до 14.

pH большинства природных вод находится в пределах от 6,5 до 8,5 и зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода (CO_2) и бикарбонат-иона (HCO_3^-). Более низкие значения *pH* могут наблюдаться в кислых болотных водах. Летом при интенсивном фотосинтезе *pH* может повыситься до 9,0. Данный показатель является индикатором загрязнения открытых водоемов при выпуске в них кислых или щелочных сточных вод.

Качество питьевой воды, по СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения», представлено в табл. 3.

Таблица 3

СанПиН 2.1.4.1074-01

Запах	Мутность	Цветность	<i>pH</i>
≤ 2 балла	≤ 1,5 мг/л	≤ 20 град	6,5–8,5

Последовательность выполнения работы

♦ **Опыт № 1. Определение запаха природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС**

В пробе воды определить вид и интенсивность запаха при температуре 20 и 60 °С.

В коническую колбу объемом 250 мл на 2/3 ее объема налить воды из-под крана, предварительно слив первые порции, накрыть часовым стеклом или калькой, взболтать вращательными движениями, открыть и понюхать воду. Оценить вид и интенсивность запаха по табл. 1, 2.

Эту же колбу закрыть плотно калькой и на водяной бане поднять температуру воды до 60 °С. Воду взболтать вращательным движением,

снять кальку и втянуть носом воздух из колбы. Оценить вид и интенсивность запаха нагретой воды.

Результаты выполненного определения записать в таблицу 5.

♦ Опыт № 2. Определение мутности природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС

Определение проводится визуальным методом.

Визуальный метод является простейшим для определений в лабораторных и полевых условиях. Согласно этого метода характеризуют зрительно воспринимаемую мутность пробы воды в мутно мерной пробирке, при высоте столба 10-12 см. Данный метод применяется для малозагрязненных вод.

Определение мутности основано на определении прозрачности путем измерения максимальной высоты водяного столба, при которой можно визуально различить черный шрифт (высота 3,5 мм, ширина 0,35 мм) или юстировочную метку (черный крест на белом фоне).

Определение мутности природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС (качественное)

Заполнить пробирку водой до высоты 10-12 см.

Определить мутность воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении.

Выбрать определение мутности наиболее подходящее из приведенных в таблице 4.

Таблица 4.

Перечень типов характеристик для определения мутности воды (качественного)

- Мутность не заметна (отсутствует)
- Слабо опалисцирующая
- Опалисцирующая
- Слабомутная
- Мутная
- Очень мутная

Результаты определений внести в таблицу 5.

♦ **Опыт № 3. Определение цветности природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС**

Цветность воды определяется визуально по хромат-кобальтовой шкале цветности.

Выполнение определения цветности

1. Ополаскивают колориметрическую пробирку 2-3 раза анализируемой водой.
2. Наполняют пробирку пробой воды так, чтобы до верхнего края пробирки оставалось 0,3-0,5 см.
3. Удерживая пробирку рукой в вертикальном положении, закройте ее пробкой. Убедитесь в плотном прилегании пробки.
4. Извлеките образцы модельных эталонных растворов из упаковки и расположите их на ровной поверхности **пробкой вниз**.
5. Проведите колориметрирование пробы. При визуальном колориметрическом определении пробирку с анализируемой водой переверните пробкой вниз и сравните окраску исследуемого образца с пленочной контрольной шкалой образцов окраски проб для визуального колориметрирования «Цветность» либо с окраской модельных эталонных растворов.
6. Окраску наблюдают сверху вниз, на белом фоне, при достаточном освещении.
7. Для исследуемого образца определите ближайшее по окраске поле пленочной шкалы или ближайший образец окраски эталонного раствора и соответствующее ему значение в градусах цветности.
8. При заметном загрязнении взвешенными частицами пробы воды, например, отобранной из природного источника (или модельной) её предварительно отфильтровывают, взяв небольшое количество пробы воды и используя стаканчик на 50 мл, воронку и фильтры.
9. Затем выполняют определение цветности воды согласно п.п. 1-7.

Примечание: Если цвет и оттенок образца воды не соответствуют модельным эталонным образцам хром-кобальтовой шкалы, то эти показатели оценивают качественно, например: окраска образца красновато-коричневая.

Более точно цветность можно определить на фотоэлектроколориметре «Экотест-2020». Растворы с различной цветностью анализируют в кюветах длиной 10 мм в синей части спектра на фоне дистиллированной воды. Значения определяются по калибровочному графику хромат - кобальтовой шкалы цветности, построенной предварительно лаборантом.

При цветности воды выше 35 градусов водопотребление ограничивается.

♦ Опыт № 4. Определение pH питьевой воды

Для определения pH воды используется универсальная индикаторная бумага. С ее помощью можно определить pH с точностью до 0,2–0,3.

В пробирку налить исследуемую воду, намочить полоску универсальной индикаторной бумаги, сравнить ее цвет со шкалой и определить значение pH питьевой воды.

Данные, полученные по определению pH воды, занести в таблицу 5.

♦ Опыт № 5. Определение температуры питьевой воды

В стакан на 100 мл налить исследуемую воду, внести термометр, держать его в течение 5 мин. и определить значение температуры питьевой воды t , °С.

Таблица 5

Показатели качества исследуемой питьевой воды и природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС

Образец	Запах				Мутность D_i / M_i , мг/л	Цветность, град.	pH	t , $^{\circ}C$
	Вид при t , $^{\circ}C$		Интенсивность при t , $^{\circ}C$, баллы					
	20	60	20	60				
Исследуемая питьевая вода								
СанПин 2.1.4.1074-01								
Исследуемый образец воды, отобранной из природного источника на месте дислокации ВС								

1. Сделать вывод по выполненным определениям, включающий оценку качества исследованных образцов природного источника воды, как потенциального источника водоснабжения, на месте дислокации ВС и питьевой воды на соответствие с СанПиН 2.1.4.1074-01; по каким показателям исследованная вода соответствует и / или не соответствует регламентированным требованиям?
2. Определить возможность использования воды природного источника для целей водоподготовки на месте дислокации ВС.
3. Предложить технологическую схему водоподготовки для питьевых целей.

Вывод:

Вопросы для проверки:

1. Перечислить физические показатели качества воды.
2. Перечислить органолептические показатели качества воды.
3. Наличие каких примесей в питьевой воде характеризуют органолептические показатели.
4. Каким документом регламентируется качество питьевой воды.
5. Перечислить значения величин органолептических показателей (запах, мутность, цветность, рН), регламентированных СанПиН 2.1.4.1074-01 для питьевой воды.
6. Начиная с какой величины цветности, водопотребление из природного источника на месте дислокации ВС на месте дислокации ВС ограничивается.

Литература

1. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / под ред. А.Г. Муравьева. – СПб.: «Крисмас+», 2011. -264 с.
Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / под ред. А.Г. Муравьева. – СПб.: «Крисмас+», 2011. -264 с.
2. Цитович И. К. Курс аналитической химии: учебник. — СПб.: «Лань», 2004. — 496 с.
3. Другов Ю. С., Муравьев А. Г., Родин А. А. Экспресс-анализ экологических проб: практ. руководство. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 424 с.
4. Другов Ю. С., Родин А. А. Экологическая аналитическая химия: уч. пос. для вузов. — СПб.: Анатолия, 2002. — 464 с.

Практическая работа № 1. Природная экогидрохимия

Цель выполнения работы: рассчитать коэффициенты водной миграции химических элементов в водах зоны гипергенеза, рассчитать коэффициенты водной миграции химических элементов в океанической и морской воде. Определить пригодность для питья образцов исследованной природной воды

Водная миграция химических элементов.

Для характеристики интенсивности водной миграции А. И. Перельман (1961) предложил использовать *коэффициент водной миграции* (K_x), равный отношению содержания элемента x в минеральном остатке воды (m_x) к его содержанию в горных породах или почвах (n_x), дренируемых этими водами. Так как содержание элемента в водах обычно измеряется в граммах на литр или дм^3 , а содержание в породах в процентах, то расчетная формула имеет вид:

$$K_x = m_x \cdot 100 / a \cdot n_x ,$$

где a – сумма минеральных веществ, растворенных в воде (в г/л).

Миграция химических элементов зависит от внешних и внутренних факторов. К внутренним факторам относят свойства химических элементов,

зависящие от строения атомов, к внешним – ландшафтно-геохимические условия миграции.

Задание 1. Анализ водной миграции химических элементов в водах зоны гипергенеза и в океанической воде

1. По данным, приведенным в таблице 1, рассчитать коэффициенты водной миграции химических элементов в водах зоны гипергенеза.
2. Выделить группы элементов характеризующиеся разной интенсивностью водной миграции в водах зоны гипергенеза.
3. Рассчитать коэффициенты водной миграции химических элементов в океанической и морской воде.
4. Выделить группы элементов характеризующиеся разной интенсивностью водной миграции в океанической и морской воде.
5. Указать химические элементы, обладающие близкими и различными коэффициентами водной миграции в континентальных и океанических водах.

Таблица 1

Среднее содержание химических элементов в океанических и морских водах

Элемент	Кларк литосферы (n _x), мг/кг	Содержание элементов в водах в зоне гипергенеза (m _x), г/л *	Океаническая и морская вода (m _x), % **
C	230	-	$3 \cdot 10^{-3}$
H	(0,88)	-	10,6
N	19	-	$5,2 \cdot 10^{-5}$
Ca	39600	0,043	$4 \cdot 10^{-2}$
K	25000	0,00459	$3,8 \cdot 10^{-2}$
Si	290000	-	$3,6 \cdot 10^{-4}$
Mg	18700	0,0186	0,13
P	930	0,0000575	$6 \cdot 10^{-6}$
S	470	-	$8,8 \cdot 10^{-2}$
Na	25000	0,0455	1,06
Cl	170	0,047	1,9
Fe	46500	0,000547	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Mn	1000	0,0000494	$5,5 \cdot 10^{-7}$
Al	80500	0,000279	$1 \cdot 10^{-4}$
Zn	83	0,000034	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Sr	340	0,000185	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Ti	4500	0,0000107	-
B	12	-	$4,6 \cdot 10^{-4}$
Ba	650	-	$5 \cdot 10^{-6}$
Cu	47	0,00000558	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Zr	170	0,0000013	-

Rb	150	-	$2 \cdot 10^{-5}$
Br	2,1	0,000184	$6,5 \cdot 10^{-3}$
F	660	0,00045	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Pb	16	-	$2 \cdot 10^{-5}$
Ni	58	0,00000331	$3 \cdot 10^{-8}$
Cr	83	0,0000029	-
V	90	0,00000206	$3 \cdot 10^{-8}$
Li	32	-	$1 \cdot 10^{-5}$
Co	18	-	$1 \cdot 10^{-8}$
Y	20	-	$5 \cdot 10^{-6}$
Mo	1,1	0,00000206	$1,2 \cdot 10^{-7}$
J	0,4	0,0000161	$3 \cdot 10^{-8}$
Sn	2,5	-	$3 \cdot 10^{-7}$
As	1,7	-	$1,4 \cdot 10^{-6}$
Ga	19	-	$6 \cdot 10^{-8}$
Ag	0,07	-	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Hg	0,083	-	$3 \cdot 10^{-8}$
Au	0,0043	-	$6 \cdot 10^{-10}$
Минерализация (а)		0,43 г/л	35 г/л

* по Шварцеву (приведено по Перельман, Касимов, 1999);

** по Массону (приведено по Алексеенко, 2000)

Природные воды. Формула Курлова.

Природные воды – все воды земного шара как планеты. В природных условиях вода не встречается в химически чистом виде. Она представляет собой раствор, часто сложного состава, который включает газы (O_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 и др.), органические и минеральные вещества. В природных водах обнаружено подавляющее большинство химических элементов. Наиболее распространенные ионы: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , а также кремниевая кислота H_2SiO_3 .

Описание природной воды по формуле М.Г. Курлова.

Для удобства сопоставления анализов воды существуют различные способы сокращённого изображения состава. Наиболее часто применяется формула М.Г. Курлова – это наглядное изображение химического состава природной воды.

В этой формуле, выражаемой в виде псевдо дроби, в числителе пишут в процент-эквивалентах в убывающем порядке анионы, а в знаменателе в таком же порядке катионы. Ионы, присутствующие в количестве менее 10 %

экв, в формулу не вносят. К символу иона приписывают его содержание в процент-эквивалентах в целых числах. Впереди дроби указывают величину минерализации (М) в г/л, рН, жёсткость в мг·экв /л и компоненты, специфичные для данного анализа (CO₂, H₂S, Br⁻, J⁻, радиоактивность и др.). После дроби указывают температуру воды (t⁰ C) и дебит источника или скважины в (D), м³ / сут.

Например: $pH\ 6,7\ ж\ 2,1\ M\ 5,0\ \frac{Cl\ 40\ HCO_3\ 36\ SO_4\ 2O}{Na\ 64\ Ca\ 28}\ t\ 14\ D\ 5$

Рассмотрим последовательно составные части формулы М.Г. Курлова.

Водородный показатель – рН

В воде часть молекул всегда находится в диссоциированном состоянии в виде ионов Н⁺ и ОН⁻. Концентрация недиссоциированной воды считается постоянной, поэтому количество ионов водорода и ионов гидроксила при данной температуре будет тоже величиной постоянной. При t 22 C эта величина равна 10⁻¹⁴. Чистая вода имеет нейтральную реакцию и количество ионов Н⁺ должно быть равно количеству ионов ОН⁻.

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Это выражение показывает, что при 22 C в 1 л чистой воды содержится 10⁻⁷ грамм-молекул воды в ионизированном виде, т.е. 10⁻⁷ грамм-ионов водорода и 10⁻⁷ грамм-ионов гидроксила.

Если $[H^+] = 10^{-7}$, то $\lg [H^+] = -7$, а $-\lg [H^+] = 7$

Выражение $-\lg [H^+]$ означает рН – отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов.

Если рН < 7 – **реакция воды кислая;**

Если рН > 7 - **реакция воды щелочная;**

рН < 4,5 – **сильнокислая;**

4,5 – 5,5 – **кислая;**

5,5 – 6,5 – **слабокислая;**

6,5 – 7,5 – **близкая к нейтральной;**

- 7,5 – 8,5 – **слабощелочная;**
- 8,5 – 9,5 – **щелочная;**
- > 9,5 – **сильнощелочная;**
- = 7 – **нейтральная.**

Практическая работа № 2: «Минеральный состав воды»

Цель выполнения работы: научиться оценивать химический состав природной воды и её пригодность для питьевых целей по минеральным примесям на примере показателей: жесткость и минерализация воды.

Краткое теоретическое введение

Жёсткость воды.

Жёсткостью воды называется свойство воды, обусловленное содержанием в ней ионов кальция ($1/2 \text{Ca}^{2+}$) и магния ($1/2 \text{Mg}^{2+}$). Единицей жёсткости воды является моль на кубический метр (моль/м³). Числовое значение жёсткости, выраженное в моль /м³ равно числовому значению жёсткости, выраженному в мг·эquiv /л. 1 мг/л жёсткости воды отвечает содержанию ионов кальция ($1/2 \text{Ca}^{2+}$) 20,04 мг/л и ионов магния ($1/2 \text{Mg}^{2+}$) 12,153 мг/л.

Виды жёсткости воды.

Различают жёсткость (Ж) воды:

общую - общее количество содержащихся в воде ионов кальция и магния;

устраняемую – жёсткость воды, обусловленная наличием в воде карбонатных (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатных (HCO_3^-) ионов солей кальция и магния,

удаляемую при кипячении и определяемую экспериментально;

неустраняемую - разность между общей жесткостью и устранимой жесткостью;

карбонатную – сумма карбонатных (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатных (HCO_3^-) ионов в воде;

некарбонатную - разность между общей жёсткостью и карбонатной.

По величине общей жёсткости (по А.О. Алекину) различают следующие природные воды:

очень мягкие до 1,5 мг·эquiv /л

мягкие 1,5 – 3 мг·эquiv /л

умеренно-жёсткие 3 – 6 мг·эquiv /л

жёсткие 6 – 9 мг·эquiv /л

очень жёсткие > 9 мг·эquiv /л

Минерализация воды.

Минерализация (М) воды - концентрация растворённых в воде твёрдых неорганических веществ. Различают характер и степень минерализации.

Характер минерализации обусловлен химическим типом воды. По О.А. Алекину воды делятся на три класса по преобладающему аниону - гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные. Каждый класс подразделяется на три группы по преобладающему катиону - Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Степень минерализации.

Степень минерализации (М) выражают в мг/л или г/л (иногда г/кг) и определяют:

1). *По сухому остатку*, который получают путём выпаривания природной воды. Если количество воды выражено в мл, концентрацию солей

в воде называют минерализацией - M (г/л, мг/л). Если количество воды взято в г, то концентрацию солей в воде называют **с о л ё н о с т ь ю** - S (г/кг, % 0).

2). По химическому составу природной воды, который определяют как арифметическую сумму весовых количеств всех ионов в 1 л воды:

$$M = \frac{\sum \text{ионов, мг/л}}{1000} = \text{г/л}$$

По степени минерализации (по В.И. Вернадскому, 1931-36 гг.; И.К. Зайцеву, 1958 г.) природные воды подразделяются на:

пресные до 1 г/л;

солончатые 1 - 10 г/л;

солёные 10 - 50 г/л;

рассолы > 50 г/л.

Определение «псевдо дроби» формулы М.Г. Курлова.

1. Из лаборатории получаем результаты химических анализов воды, выраженные в мг/л.

2. Полученные исходные данные пересчитываем в мг·эquiv путём деления результатов анализа в мг/л на эквивалентную массу соответствующего иона (табл. 1).

Например: концентрация Ca^{2+} 79 мг/л (результат химического анализа (табл. 2), чтобы получить эквивалентную массу кальция, нужно его атомную массу 40,08 разделить на валентность, т.е. 2, получим эквивалентную массу 20,04, затем $79:20,04 = 3,95$ мг·эquiv/л.

Пересчитать в мг·эquiv форму можно другим способом. Для этого исходные данные в мг/л умножить на соответствующие пересчётные коэффициенты. Величину пересчётного коэффициента получим путём деления е д и н и ц ы на эквивалентную массу.

Пересчётный коэффициент для кальция: $1:20,04 = 0,0499$. Для одновалентных ионов эквивалентной массой будет атомная масса (См. таблицу 2).

Таблица 2

Эквивалентные и атомные массы ионов природной воды

ИОН	эквивал. масса	атомная масса	название иона
Ca^{2+}	20,04	40,08	кальций-ион
Mg^{2+}	12,15	24,30	магний-ион
CO_3^{2-}	30,01	60,02	карбонат-ион
SO_4^{2-}	48,03	96,06	сульфат-ион
HCO_3^-	61,02	61,02	гидрокарбонат-ион
Cl^-	35,453	35,453	хлор-ион
NO_3^-	62,0	62,0	нитрат-ион
Na^+	22,99	22,99	натрий-ион
K^+	39,102	39,102	калий-ион
NH_4^+	18,04	18,04	аммоний-ион

3. Для вычисления процент – эквивалентов (% · экв.) принимаем сумму мг · экв. анионов (Σ_A), содержащихся в 1 л воды за 100 % и вычисляем процент содержания каждого аниона в мг/экв по отношению к этой сумме. Аналогично вычисляем % экв. катионов.

Например: (табл. 2) сумма катионов равна 8,51

$$8,51 - 100 \%$$

$$1,52 - x$$

$$x = 17,9 \% \cdot \text{экв. (Na)}$$

Суммы катионов и анионов, выраженные в мг·экв /л, должны быть равны между собой. Часто точного совпадения цифр в виду погрешностей анализа не бывает. Допустимая неточность анализа (x) определяется по формуле:

$$X = \frac{\Sigma_A - \Sigma_K}{\Sigma_A + \Sigma_K} \cdot 100 \leq 5\%, \quad \text{где}$$

ΣA – сумма мг·экв /л анионов;

ΣK – сумма мг- экв /л катионов.

Образец выполнения задания.

В таблицу 3 записываем результаты химических анализов воды, выраженные в 3х формах:

1) мг/л; 2) мг·экв /л; 3) % экв.

Таблица 3

Результаты химических анализов исследуемой воды

рН	катионы			ΣK	анионы					ΣA	ед. ИЗМ.
	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻		
6,9	35	79	37		12	66	н.о.	418	н.о.		мг/л
	1,52	3,95	3,04	8,51	0,34	1,38	-	6,85	-	8,57	мг·экв/л
	17,9	46,4	35,7	100	4	16,1	-	79,9	-	100	% экв.

При этом:

$$Ж = 3,95 + 3,04 = 6,99$$

$$M = \frac{(35 + 79 + 37 + 12 + 66 + 418) \text{ мг/л}}{1000} = 0,6 \text{ г/л}$$

$$\text{рН } 6,9 \text{ ж } 7,0 \text{ М } 0,6 \frac{\text{HCO}_3 \text{ 80 SO}_4 \text{ 16}}{\text{Ca 46 Mg 36 Na 18}}$$

Заключение: вода, близкая к нейтральной, жёсткая, пресная, гидрокарбонатно-магниево-кальциевая. В название химического состава воды входят ионы, содержание которых ≥ 25 % экв. и называют воду, начиная с анионов от 25 % экв. в возрастающем порядке, затем катионы в таком же порядке, например, **вода гидрокарбонатно-хлоридно-кальциево-натриевая** .

Вывод: вода пригодна для питья.

Если вода не пригодна для питья, то в выводе перечислить, по каким показателям.

Вода не пригодна для питья, если её состав характеризуется хотя бы одним из следующих показателей:

1. с **pH** > 8,5 и < 6,5;
2. с **Ж** > 7 мг·экв /л;
3. с **М** >1г/л;
4. если **хлоридов** > 350 мг/л;
5. если **сульфатов** > 500 мг/л;
6. если $\Sigma \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} \geq 450$ мг/л.

Задание 2.

В таблице 4 приведены химические анализы природных вод (в мг/л). В каждом варианте по 3 задачи.

Таблица 4

Данные по химическому составу различных образцов природной воды

№№	pH	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	NO ₃
1	7,4	92	60	28	9	98	12	403	н.о.
	8,15	99	72	50	37	118	12	500	н.о.
	7,2	320	237	н.о.	709	357	н.о.	49	н.о.
2	7,9	26	210	31	17	302	н.о.	427	6
	7,8	38	254	70	303	131	н.о.	525	13
	7,0	150	36	146	348	247	н.о.	287	н.о.
3	8,6	117	113	105	215	108	34	494	113
	8,3	372	295	112	313	694	н.о.	488	550
	7,2	50	28	11	35	13	н.о.	195	н.о.
4	8,2	61	612	147	556	491	н.о.	555	640
	8,25	202	129	57	86	349	12	555	46
	7,5	41,9	2,5	2,15	56	5,69	н.о.	30,31	н.о.
5	8,15	778	234	298	813	849	12	720	1070
	6,8	8	2,5	3,67	20,5	0,27	н.о.	10,4	н.о.
	8,0	240	106	58	155	200	н.о.	515	220
6	8,4	75	174	30	114	96	6	537	12
	8,25	586	129	163	370	605	24	830	490
	7,1	92	19	117	202,9	151	н.о.	322	н.о.
7	6,4	75	118	5	50	57	н.о.	427	н.о.
	7,0	936	434	191	597	2496	н.о.	549	15
	7,53	906	512	262	945	2489	н.о.	488	4
8	7,3	74	56	30	16	10	н.о.	476	2
	7,6	63	65	69	86	88	6	439	н.о.
	7,5	60	122	11	142	153	н.о.	159	н.о.
9	7,55	234	22	11	5	10	12	695	2
	7,25	181	44	28	9	26	н.о.	705	н.о.
	8,6	10,4	1,19	2,38	0,37	н.о.	1,6	42	н.о.
10	7,4	231	146	97	136	690	12	409	н.о.
	7,55	216	87	84	196	362	6	366	85
	6,4	2,5	2,0	3,27	13	0,77	н.о.	7	н.о.

Определите, и аргументированно обоснуйте, какой из представленных образцов исследованной природной воды является пригодным для питья. Сделайте вывод.

Литература

1. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / под ред. А.Г. Муравьева. – СПб.: «Крисмас+», 2011. -264 с.
Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / под ред. А.Г. Муравьева. – СПб.: «Крисмас+», 2011. -264 с.

2. Цитович И. К. Курс аналитической химии: учебник. — СПб.: «Лань», 2004. — 496 с.
3. Другов Ю. С., Муравьев А. Г., Родин А. А. Экспресс-анализ экологических проб: практ. руководство. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 424 с.
4. Другов Ю. С., Родин А. А. Экологическая аналитическая химия: уч. пос. для вузов. — СПб.: Анатолия, 2002. — 464 с.

Лабораторная работа №2

«Определение наличия ионов металлов в поверхностных водах»

Цель выполнения работы: применяя стандартные методики, определить в отдельных образцах поверхностных вод наличие ионов металлов (Fe^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}); используя справочные данные, установить, какая вода является наиболее токсичной для живых организмов водных экосистем.

Оборудование, реактивы, материалы:

- набор пробирок, пипетки;
- модельные растворы ($C_{г-г} = 0,1$ моль/л): FeCl_3 , CaCl_2 , CuCl_2 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$;
- реактивы-индикаторы ($C_{г-г} = 0,5$ моль/л): $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, HCl , $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, KJ ; $\text{NH}_4\text{OH}_{(\text{конц.})}$;
- образцы поверхностных вод: № 1, № 2, № 3.

Вода является универсальным растворителем. Природные воды, контактируя с горными породами, почвой, растворяют минеральные и органические соединения и переносят их на большие расстояния. Химические соединения попадают в природные воды в больших количествах и со стоками предприятий.

Присутствие в воде водоемов следов ионов металлов: Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} и др. играет жизненно важную роль в обменных процессах в биоценозах. При повышении концентрации соединений металлов выше допустимой нормы (табл. 5) они становятся токсичными по отношению к живым организмам. К наиболее токсичным относятся соединения ртути Hg^{2+} , кадмия Cd^{2+} , свинца Pb^{2+} . Микроорганизмы водоема переводят ионы металлов в металлорганические соединения, которые легко усваиваются тканями рыб, что может привести к их массовой гибели или представлять угрозу здоровью человека в случае употребления рыбы в пищу. Соединения токсичных металлов попадают также в донные отложения и нарушают биологическую активность донного населения водоема.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации некоторых ионов металлов
в водоемах рыбохозяйственного водопользования

Ингредиент	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
Hg ²⁺	Токсикологический	0,001
Ca ²⁺	Общесанитарный	180
Cd ²⁺	Токсикологический	0,005
Co ²⁺	«	0,01
Cu ²⁺	«	0,001
Ni ²⁺	«	0,01
Fe ³⁺	Санитарно-токсикологический	0,05
Pb ²⁺	Токсикологический	0,1
Zn ²⁺	«	0,05
Cr ³⁺	«	0,001

Последовательность выполнения работы

Провести качественные реакции на ионы: Ca²⁺, Fe³⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, используя модельные растворы. Для проведения опытов воспользоваться данными табл. 2, графу «наблюдения» заполнить самостоятельно.

В лабораторный журнал перенести табл. 2.

В отдельную пробирку поместить 5 капель раствора соли конкретного металла, подобрав модельный раствор по табл. 2. Определить реактив-индикатор и поместить в пробирку с модельным раствором нужное количество капель. Записать наблюдения: появление осадка, его цвет, растворение осадка при дальнейшей обработке или изменение его цвета.

Пользуясь данными табл. 2, в каждом из образцов поверхностных вод провести качественные реакции на ионы металлов: Ca²⁺, Fe³⁺, Cu²⁺, Pb²⁺. Опыты выполнять в отдельных пробирках, помещая в них по 1 мл пробы воды, количество капель реактива-индикатора взять из табл. 2. Полученные результаты занести в табл. 3.

Таблица 2

Качественные реакции на ионы некоторых металлов

Определяемый ион Me^{n+}	Модельный раствор (формула)	Количество капель	Реактив-индикатор			Наблюдения
			Формула (название)	Количество капель	Уравнения реакций	
Ca^{2+}	$CaCl_2$	5	$(NH_4)_2C_2O_4$ (оксалат аммония)	2–4	$CaCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 = CaC_2O_4 \downarrow + 2NH_4Cl$;	
			HCl (добавить к осадку)	5–6	$CaC_2O_4 \downarrow + 2HCl = CaCl_2 + H_2C_2O_4$	
Fe^{3+}	$FeCl_3$	5	$K_4[Fe(CN)_6]$ (гексоцианоферрат калия)	2	$4FeCl_3 + 3 K_4[Fe(CN)_6] = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl$.	
Cu^{2+}	$CuCl_2$	5	$K_4[Fe(CN)_6]$ (гексоцианоферрат калия)	2–3	$2CuCl_2 + K_4[Fe(CN)_6] = Cu_2[Fe(CN)_6] \downarrow + 4KCl$.	
			NH_4OH (добавить к осадку)	3–4		
Pb^{2+}	$Pb(CH_3COO)_2$	5	KJ	2–3	$Pb(CH_3COO)_2 + 2 KJ = PbJ_2 \downarrow + 2CH_3COOK$.	

Таблица 3

Результаты наблюдений

Определяемые ионы металлов в воде	Образец поверхностных вод		
	№ 1	№ 2	№ 3
Ca^{2+} Fe^{3+} Cu^{2+} Pb^{2+}			
Заключение по качеству поверхностных вод			

На основании проведенных исследований и данных табл. 5 сделать вывод: какая из рассматриваемых поверхностных вод наименее токсична к биоценозу водоема, какая – наиболее токсична?

Литература:

1. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М. : ВЛАДОС, 2001. – 285 с.
2. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М. : Высш. шк., 1999. – 446 с.
3. Николайкин, Н. И. Экология / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – М. : Дрофа, 2003. – 621 с.
4. Денисов, В. В. Экология: 100 экзаменационных ответов / В. В. Денисов, И. А. Денисова. – М. : ИЦК МарТ, 2003. – 285 с.
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». – М. : Госсанэпидемнадзор России от 26.01.2001.
6. Кульский, Л. А. Теоретическое обоснование технологии очистки воды (классификация примесей воды и выбор методов ее очистки) / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1968. – 196 с.
7. Тимофеева, С. С. Экология : практикум / С. С. Тимофеева, Ю. В. Шешуков. – Иркутск : Иркутский ГТУ, 1997. – 68 с.

Практические занятия № 1-3 «Общие представления об экологически опасном воздействии окружающей среды на личный состав войск»

Целью занятия является:

Овладеть знаниями о существующих экологически опасных объектах, возможной экологической обстановке при их массовом разрушении и влиянии вторичных поражающих факторов на характер боевых действий и личный состав войск.

Следует проработать следующие учебные вопросы:

1. Общие представления об экологически опасном воздействии окружающей среды на личный состав войск.
2. Физически опасные воздействия окружающей среды. Воздействия химически опасных веществ.
3. Биологический фактор окружающей среды.

Краткое теоретическое введение

Экологическая катастрофа Данное словосочетание – страшное для обывательского сознания. Известно, что экологические проблемы возникают из-за антиэкологического характера общества, и в конечном счете – всего человечества.

С начала прошлого века человек покорил атом и к естественным источникам опасности добавилась опасность, созданная атомной энергетикой и химической промышленностью. Утверждение, что война с применением оружия массового поражения окажет катастрофические последствия на окружающую среду, не требует доказательств.

Но сегодня, вследствие неуклонного роста в мире ядерной энергетике и химической промышленности, серьезные опасения за экологическую обстановку вызывает война с применением обычных средств поражения. Опыт ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, аварии с токсичными веществами, имевших место в Италии, Индии, Японии, опыт войны в Ираке (1991) позволяет утверждать, что при ведении войны обычными сред-

ствами в условиях значительной насыщенности отдельных регионов предприятиями ядерной энергетики и химической промышленности, в случае их массового разрушения появятся новые оперативно-стратегические факторы техногенного характера, такие как заражение местности радиоактивными и сильнодействующими веществами, которые окажут существенное влияние на действия войск.

Деятельность военнослужащих происходит на какой-либо территории, которой свойственна определенная экологическая система, которую целесообразно рассматривать как **территориальную антропоэкологическую систему (ТАС)** (рис. 1).

Основными подсистемами ТАС являются: природа (окружающая среда), население и технические составляющие — хозяйственные постройки, здания, средства деятельности, в том числе и образцы вооружения и военной техники (ВВТ).



Рис.1 Модель антропоэкологической системы

Минимальный размер имеет ТАС антропоэкологическая система, формируемая **одним человеком**, а максимальный — формируемая **всем человечеством**.

Военнослужащий (личный состав), попадающий и действующий в ТАС, испытывает влияние ее элементов: окружающей среды, населения и одновременно сам оказывает воздействие на элементы ТАС, которая для него является внешней окружающей средой.

Влияние окружающей среды на военнослужащего определяется взаимодействием на человека, его организм условий деятельности (внутренняя среда на рабочем месте в образце ВВТ), биотических и абиотических факторов, свойственных ТАС, а также привносимыми изменениями в совокупность факторов ТАС природными и техногенными ситуациями, кризисами и катастрофами (рис. 2).

Степень влияния ОС на военнослужащего (личный состав) определяется дозой, интенсивностью, временем и особенностями локализации (места) воздействия (например, на все тело или в области открытых частей тела — лица, рук и т. д.) **негативных экологических факторов (НЭФ)**. Существенное влияние на эти параметры оказывают характер решаемой личным составом учебно-боевой задачи и используемых объектов ВВТ.

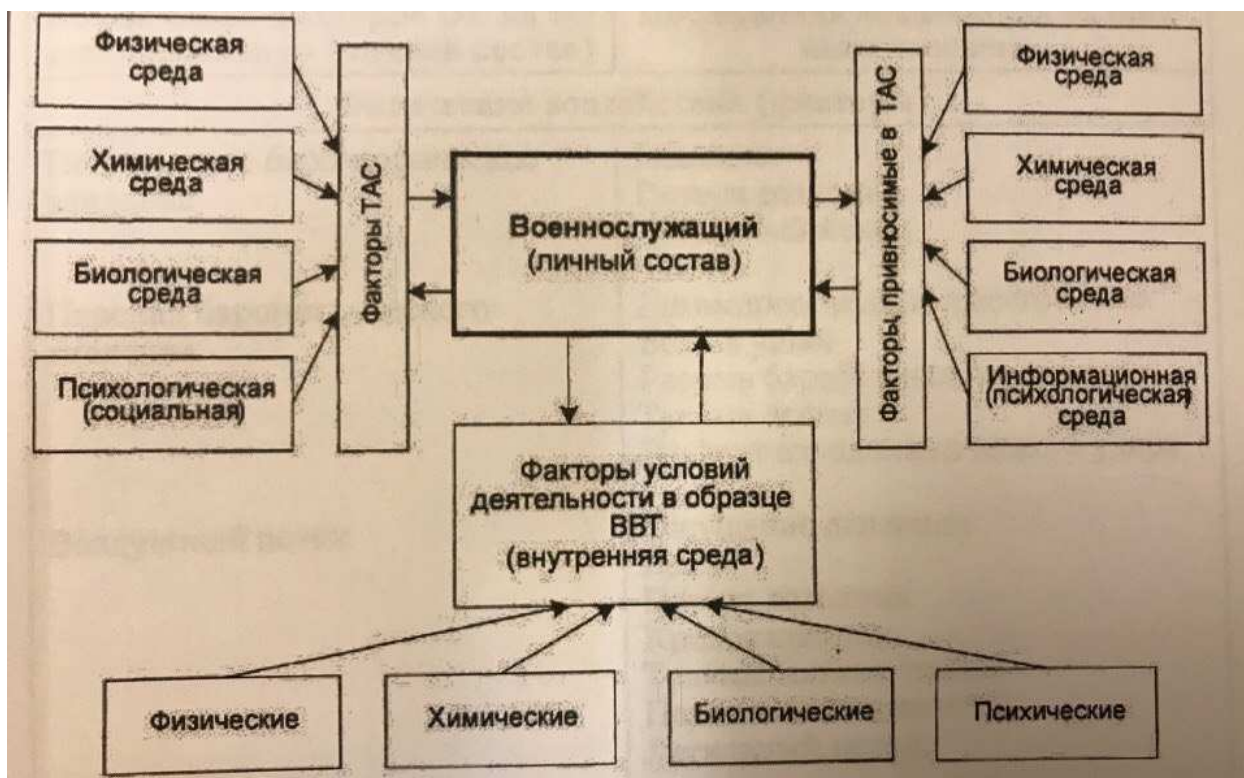


Рис.2 Схема воздействия на военнослужащего (личный состав)

По отношению к ОС объекты ВВТ могут быть разделены на экологически автономные и экологически открытые.

Диапазон проявлений неблагоприятного воздействия внешней и внутренней среды широк: от относительно незначительных последствий до ча-

стичной и полной потери работоспособности, травматических повреждений органов и систем организма человека и, наконец, его гибели. Кроме этого, могут проявляться отдаленные последствия воздействий, например, в виде инфекционных и профессиональных заболеваний (табл. 1).

Следует отметить, последствие далеко не всех этих воздействий (факторов) субъективно ощущается человеком, но может приводить к определенным изменениям состояния организма и выраженным эмоциональным реакциям.

Опасность загрязнения ОС для здоровья военнослужащих определяется вероятностью появления тех или иных неблагоприятных эффектов, влияющих на здоровье, работоспособность и качество жизни. Если характер воздействия факторов ОС неадекватен врожденным свойствам организма, то эти факторы оказываются экстремальными. Адаптация к таким факторам, как правило, не развивается. Функциональные резервы организма истощаются, формируются более или менее выраженные изменения состояния здоровья.

Адаптация к изменившимся факторам ОС может не произойти в случае, когда эти факторы не являются, по определению, экстремальными, но состояние организма, его функциональные резервы не позволяют компенсировать возмущающие воздействия. В таких случаях, как и при воздействии экстремальных факторов, развиваются определенные изменения состояния здоровья.

Физиологи выделяют в процессе адаптации состояние, пограничное между нормой и патологией: напряжение, перенапряжение, истощение. Клиницисты чаще используют другую терминологию, выделяя состояния здоровья, пред патологии (предболезни), болезни.

Экстремальные воздействия на организм в значительной мере ускоряют проявления нарушений здоровья. Установлено, что воздействие большинства экстремальных факторов ОС сопровождается **синдромосходным комплексом изменений на молекулярно-клеточном и тканевом уровнях.**

Таблица 1 Воздействие окружающей среды на организм человека

Воздействие факторов ОС на военнослужащего (личный состав)	Последствия воздействия на организм человека
Физические воздействия (факторы)	
Пониженное барометрическое давление	Гипоксия Потеря сознания Летальный исход
Перепад барометрического давления	Декомпрессионные расстройства Боль в ушах Разрыв барабанных перепонок Травма легких Эффект аэродинамического удара
Воздушный поток	Ощущение давления Боль Потеря сознания Кровоизлияния Травмы мягких тканей Переломы конечностей Летальный исход
Низкая температура	Ухудшение работоспособности Охлаждение Синдром ознобления Отморожения Потеря сознания Летальный исход
Высокая температура и открытый огонь (пламя), избыточная солнечная инсоляция	Подъем температуры тела Ухудшение работоспособности Потоотделение Тепловой удар (тепловое истощение) Солнечный удар Локальная боль Ожоги Летальный исход
Солнечная инсоляция в высоких широтах, в горах	Снежная офтальмия
Шум	Дискомфорт Боль Разрыв барабанных перепонок Потеря слуха

Воздействие факторов ОС на военнослужащего (личный состав)	Последствия воздействия на организм человека
Вибрации	<p>Дискомфорт Снижение работоспособности Ухудшение условий восприятия зрительных сигналов Дезориентация Тошнота Усталость</p>
Ударные перегрузки	<p>Нарушение зрительных функций: — снижение остроты зрения; — потеря способности различать яркие визуальные сигналы; — красная пелена; — серая или черная пелена. Кровоизлияния в мягкие ткани и органы Потеря сознания Травма позвоночника Циркуляторный коллапс Травма головы Переломы и разбрасывание конечностей</p>
Ионизирующие излучения (радиационный фактор)	Локальные лучевые поражения
Радиационная пыль на зараженной местности	Лучевая болезнь
Обломки зданий, оборудования, стволы деревьев	Травмы мягких и костных тканей Синдром длительного сдавления
Химические воздействия (факторы)	
Понижение содержания кислорода во вдыхаемом воздухе	Гипоксия
Продукты горения материалов оборудования, лаков, красок, пиролиза горюче-смазочных материалов, лаков и красок	<p>Интоксикация с превалированием признаков угнетающего или возбуждающего воздействия Токсичная гипоксия по тканевому или кровяному типу Раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и конъюнктивы глаз</p>

Воздействие факторов ОС на военнослужащего (личный состав)	Последствия воздействия на организм человека
Топливо, гидрожидкости	Локальные и общетоксические проявления
Дефицит и отсутствие воды (горно-пустынная местность, высокие широты и т. п.)	Обезвоживание Спутанность сознания Летальный исход
Биологические воздействия (факторы)	
Патогенные микроорганизмы Бактерии, вирусы, риккетсии, простейшие и т. д.	Инфекционные заболевания
Пыльца, ягоды растений	Аллергические проявления
Хищные животные	Травмы мягких тканей Угроза жизни
Насекомые	Укусы Трансмиссивные инфекционные заболевания
Рыбы	Травмы мягких тканей Угроза жизни
Пресмыкающиеся	Травмы мягких тканей Угроза жизни

При экстремальном воздействии на организм ОС происходит перенапряжение физиологических систем организма, истощение его физиологических резервов и, в ряде случаев, формирование **синдрома хронического адаптационного перенапряжения (СХАП)**.

К наиболее типичным проявлениям СХАП относят:

- выраженное психоэмоциональное напряжение;
- снижение умственной и физической работоспособности;
- снижение функциональной эффективности энергообеспечивающих систем организма;
- дисбаланс и дисфункцию иммунной системы и факторов неспецифической защиты;

- депрессию общей резистентности организма.

Патогенетической основой СХАП являются глубокие эндокриннометаболические перестройки в организме.

Адаптационные сдвиги, направленные на компенсацию воздействия экстремальных факторов, приводят к повышению энергопотребления. В результате развивается:

- дисбаланс системы иммунитета и факторов неспецифической защиты,
- происходит снижение бактерицидной функции кожи, пищеварительного тракта и дыхательного эпителия, приводящие к снижению общей сопротивляемости организма.

Любая дополнительная нагрузка в таких случаях вызывает развитие заболеваний, как генетически детерминированных, так и обусловленных характером воздействующих факторов.

При продолжительной работе с соблюдением гигиенических нормативов (или незначительном их превышении) также могут развиваться профессиональные заболевания, ускоряются процессы биологического старения, нарушается работоспособность человека.

Таким образом, боеспособность ВС РФ в значительной степени обусловлена функциональным состоянием организма военнослужащих и воздействием экологически опасных факторов (или негативных экологических факторов — НЭФ).

В О П Р О С Ы:

1. Сформулируйте, какая существует принципиальная зависимость между боеспособностью ВС и воздействием экологических факторов ОС (в т.ч. неблагоприятных экологических факторов НЭФ).
2. Расшифруйте, что обозначает термин ТАС.
3. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные подсистемы ТАС.
4. Каковы минимальный и максимальный размеры территориальной экологической системы.
5. Чем определяется влияние ОС на военнослужащих.
6. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные факторы воздействия на военнослужащего, личный состав.
 7. Систематизируйте данные по основным факторам воздействия на военнослужащего, личный состав для различных родов войск.
8. Чем определяется степень влияния ОС на военнослужащего, личный состав.
9. Расшифруйте термин НЭФ.
 10. Систематизируйте данные по основным негативным экологическим факторам воздействия на военнослужащего, личный состав для различных родов войск.
11. На какие группы по отношению к ОС делятся объекты ВВТ.
12. Охарактеризуйте диапазоны проявлений неблагоприятного воздействия ОС на военнослужащего, личный состав.
13. В каких случаях адаптация военнослужащего и личного состава к изменившимся факторам ОС не происходит.
14. Перечислите основные формы воздействия ОС на военнослужащего, личный состав.
15. Перечислите основные факторы физического воздействия на военнослужащего, личный состав.
16. Кратко охарактеризуйте последствия физического воздействия на военнослужащего, личный состав.

17. Перечислите основные факторы химического воздействия ОС на военнослужащего, личный состав.
18. Кратко охарактеризуйте последствия химического воздействия на военнослужащего, личный состав.
19. Перечислите основные факторы биологического воздействия ОС на военнослужащего, личный состав.
20. Кратко охарактеризуйте последствия биологического воздействия на военнослужащего, личный состав.
21. В каких случаях у военнослужащих происходит формирование синдрома хронического адаптационного перенапряжения (СХАП).
22. Кратко охарактеризуйте типичные проявления СХАП.
23. Что является патогенетической основой СХАП.
24. Какие негативные процессы развиваются в организме человека при СХАП.
25. Систематизировать данные по специфике СХАРП для различных родов войск.

Общие представления об экологически опасном воздействии химических загрязнений окружающей среды на личный состав войск.

Действие химических загрязнений ОС проявляется в:

- прямом токсическом действии химических веществ, характеризуемом величиной и структурой санитарных потерь. Полная потеря бое- и работоспособности будет у лиц с тяжелой и средней степенью поражений, частичная (до 30—40%) — у лиц с легкой формой поражений;
- психо-эмоциональной неустойчивости личного состава (от 30 до 75%), ставшими свидетелями реальной картины поражения сослуживцев, или формированием синдрома «фобии» при многократных фактах воздействия ОХВ малой интенсивности;
- косвенном, так называемом, отягощающем эффекте влияния индивидуальных технических средств защиты, а также медицинских средств профилактики, на бое- и работоспособность, которая может достигать 30 —50 % особенно у лиц, не имеющих устойчивого навыка ведения боевых действий в защитных средствах.

В результате комплексного воздействия поражающих и негативных экологических факторов возможно нарушение работоспособности военнослужащих, что может привести к снижению эффективности выполнения боевого задания. Для сохранения и поддержания достаточного уровня здоровья военнослужащих и их боеспособности необходимы защита от экологически неблагоприятных факторов. Соответствующие мероприятия и критерии оценки их эффективности приведены в таблице 2.5.

На рисунке 2.8 представлена наиболее характерная схема изменения интенсивности воздействия негативного экологического фактора (НЭФ) с течением времени. Во времени могут быть условно выделены два вида негативного воздействия НЭФ: поражающее и экологически неблагоприятное. В качестве границы между этими областями является время достижения пороговой интенсивности воздействия НЭФ.

Время воздействия НЭФ с интенсивностью выше пороговой является относительно коротким. Это обусловлено либо спецификой самого НЭФ, например, кратковременное воздействие акустического фактора, либо применением мер защиты (выход из зоны поражающего воздействия, занятие укрытий, использование средств индивидуальной защиты). Результатом поражающего действия являются прямые потери личного состава (безвозвратные и санитарные) и условные потери за счет сковывающего и изнуряющего действия используемых средств защиты. Интенсивность прямых потерь возрастает с ростом интенсивности поражающего фактора. При продолжительном неблагоприятном воздействии НЭФ интенсивность санитарных и условных потерь, а также риск отдаленных негативных для организма последствий возрастают, что может приводить к потерям, сопоставимым с результатами поражающего действия НЭФ.

По своей природе НЭФ делятся на абиотические (физические и химические) и биотические (микрофлора, флора и фауна) факторы. Кроме этого, на личный состав действуют информационные (психические, социально-психологические)

и эргономические факторы. Последние обусловлены инженернопсихологическими

особенностями использования В ВТ, технических средств и обитаемостью военных объектов. Под обитаемостью понимаются параметры условий жизни, деятельности и быта личного состава, обеспечивающие сохранение работоспособности и здоровья.

Таблица 2.5 Обеспечение безопасности военнослужащих при действии негативных экологических факторов

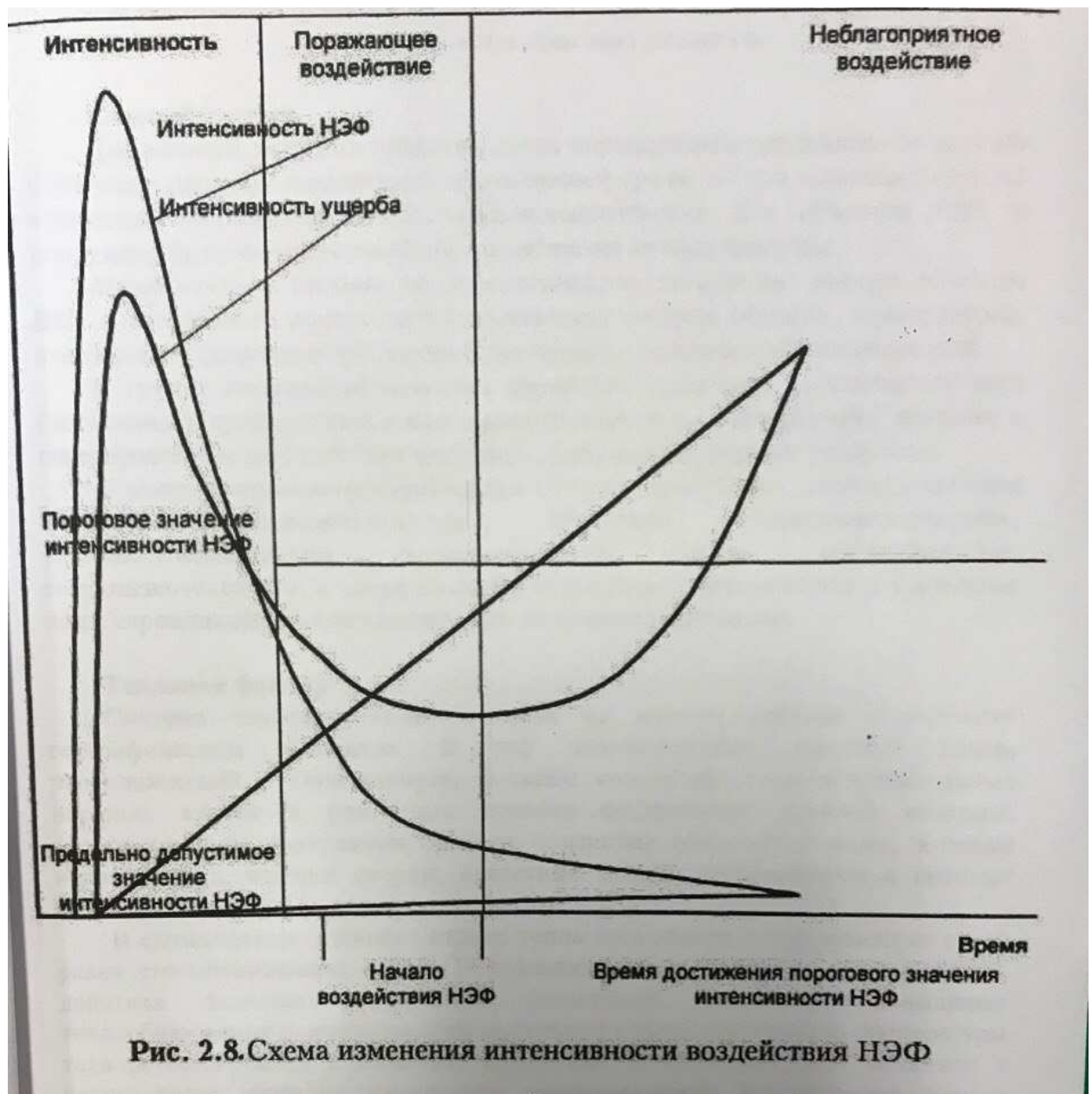
Вид деятельности личного состава	Эффекты	Преобладающий метод диагностики	Защита	Критерий оценки эффективности защиты
Повседневная	Не выявляются	Выборочный, частных проявлений (от биохимических тестов до оценки систем)	Временем, расстоянием, соблюдением норматива	Нет отклонений в морбидности
Учебно-боевые, аварийно-восстановительные работы	Выявляются при донозологической диагностике	Оценка функционального состояния организма, заболеваемости	То же, СИЗ	Профилактика патологии (на преморбидном уровне), сохранение качества военно-профессиональной работоспособности
Боевые, аварийно-восстановительные работы	Клиническая патология	Учет симптомов и синдромов	СИЗ, медикаментозные средства	Устранение показаний к госпитализации, недопущение снижения эффективности работы

Среди совокупности экологических факторов можно выделить:

- *периодические первичные*, действующие с регулярной цикличностью в планетарном масштабе (изменения температуры, смена дня и ночи, зимы и лета, приливы и отливы);
- *периодические вторичные*, как производные первичных (уровень освещенности, влажность воздуха, количество и качество пищи и т. д.);
- *непериодические*, проявляющиеся внезапно.

Важнейшим элементом, определяющим формирование военной экосистемы и устанавливающим критерии ее оценки, является *учебно-боевая задача*, то есть

предназначение, условия и тактические приемы боевого использования лично-го состава на ТВД. Выполнение учебно-боевой задачи повышает роль неперiodических,



неадаптивных, абиотических, биотических и других экологических факторов. В то же время, условия военного труда при выполнении учебно-боевых задач придают «ударный» характер влиянию многих природных и техногенных, социальных, психологических и информационных экологических факторов, приводящий (при отсутствии соответствующей регуляции и защиты) к напряжению и срыву адаптационных биологических, психофизиологических возможностей военнослужащих..

Цель и содержание боевой (учебно-боевой) задачи, используемые тактические приемы имеют решающее значение для военно-экологической оценки каждого фактора и их реального воздействия на личный состав, а также на определение

средств и методов его защиты.

2. Физически опасные воздействия окружающей среды. Воздействия химически опасных веществ.

Классификация

Для военной экологии представляется оправданным традиционное деление физически опасных воздействий окружающей среды на три основные группы: климатические (в том числе микроклиматические для объектов ВВТ и сооружений), механоакустические и электромагнитные факторы.

Микроклимат (режим метеорологических элементов) внутри объектов ВВТ и сооружений определяется состоянием воздуха объекта: температурой, влажностью, скоростью движения и давлением, температурой поверхностей. В группу **механоакустических факторов** включают акустический шум (постоянный, прерывистый и импульсный), перепады атмосферного давления и генерированные акустические импульсы, вибрации и ударные ускорения. К **электромагнитным факторам** относят: освещение, ультрафиолетовое излучение, неионизирующие излучения (сверхвысокочастотное, ультравысокочастотное, высокочастотное, очень низкочастотное, сверхнизкочастотное, а также лазерное излучение), электрическое и магнитное поля, аэроионизацию и ионизирующее излучение (радиацию).

Тепловой фактор

Система терморегуляции человека во многом связана с климатогеографическим

фактором. В ней задействованы: тепловой центр, расположенный в гипоталамусе, большое количество термочувствительных нервных клеток в различных отделах центральной нервной системы, терморцепторы внутренних органов, слизистых оболочек и кожи, а также нервные пути, кожные сосуды, скелетные мышцы, эндокринные и потовые железы.

В оптимальных условиях отдача тепла организмом в окружающую среду равна его образованию в нем. В условиях повышенных температур среды, действия теплового излучения (солнечной радиации), повышения теплообразования в организме при мышечной работе постоянство температуры тела осуществляется с помощью изменения теплоотдачи. Этот механизм в целом носит название физической терморегуляции. Ее основной частью является сосудистая терморегуляция, которая изменяет кровенаполнение кожных сосудов. Повышение кровенаполнения сосудов кожи и работающих мышц в условиях нагревающего микроклимата увеличивает теплопроводность поверхности тела и, тем самым, усиливает теплоотдачу.

По мере приближения температуры окружающей среды к температуре поверхности тела в действие вступает другой механизм физической терморегуляции — потоотделение. При интенсивном функционировании потовых желез у человека может выделяться до 1,5 литров пота в час, при испарении которого с поверхности кожи может сохраняться постоянство температуры организма даже при довольно тяжелой работе в условиях высокой

температуры окружающей среды.

В условиях пониженных температур среды и угрозе охлаждения организма прежде всего прекращается потоотделение, происходит сужение сосудов кожи, и, тем самым, уменьшается теплоотдача организма. Если температура кожи и тела продолжает падать, и угроза охлаждения не устраняется, то включается еще один вид терморегуляции, получивший название химической теплорегуляции. Сущность этого механизма состоит в повышении теплообразования или теплопродукции организма за счет возникновения терморегуляционного мышечного тонуса в ответ на холодные раздражители. Если терморегуляционный мышечный тонус не компенсирует теплопотери организма, включается более мощный механизм химической терморегуляции — холодная мышечная дрожь. Теплопродукция организма человека при мышечной дрожи может увеличиваться в 2—3 и более раз.

Физиологические реакции системы терморегуляции в ответ на воздействие факторов окружающей среды (климат, погода) являются адекватными, если отклонения в ней от обычного уровня по мере адаптации (акклиматизации) возвращаются к оптимальному режиму функционирования системы и всего организма в целом.

В экстремальных климатических условиях и при различных заболеваниях возможно нарушение процессов саморегуляции системы терморегуляции, при этом физиологические реакции могут перейти в патофизиологические.

Жизнедеятельность человека может нормально протекать лишь при условии сохранения температурного гомеостаза организма, который достигается за счет системы терморегуляции и усиления деятельности других функциональных систем: сердечно-сосудистой, выделительной, эндокринной и систем, обеспечивающих энергетический, водно-солевой и белковый обмен. Основным средством индивидуальной защиты, обеспечивающим необходимые условия терморегуляции организма военнослужащих, является одежда (обмундирование). В комплекте с ней могут быть использованы системы искусственного кондиционирования, регламент продолжительности непрерывного пребывания в определенных условиях.

Температура воздуха в районах действий войск может достигать -40° С ниже при скорости ветра до 20 ... 30 м/с. При сочетаниях низких температур с ветром охлаждающее действие среды на организм усиливается, что может быть учтено с помощью так называемого ветрохолодового индекса. Ветрохолодовой индекс означает, что охлаждающее действие среды при температуре -40° С и ветре 2...3 м/с соответствует -44° С (без ветра), при 4...5 м/с -57° С, при 10 м/с -

-73° С, а при 17...18 м/с -82° С. Свыше 18 м/с дополнительный охлаждающий эффект ветра уже незначителен.

Степень влияния ветра зависит от конструкции одежды и воздухопроницаемости покровных тканей одежды. Так, для одежды закрытого типа теплоизоляция снижается при скорости ветра 5 м/с и 10 м/с соответственно на 5 — 10% и 15 — 20%. Для одежды открытого типа эти показатели составляют 30 — 50% и 60 — 80%.

При необходимости длительного пребывания личного состава на открытом

воздухе в условиях низких температур среды лимитирующим моментом являются открытые участки тела (лицо, руки при необходимости находиться без перчаток). Ориентировочное время возникновения отморожения на открытых участках кожи в зависимости от температуры и скорости ветра приведено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 Ориентировочное время возникновения Холодовой травмы на открытых участках кожи

Ско- рость ветра, м/с	Время, мин							
	1	3	5	10	15	25	40	60
Температура воздуха, °С								
5	-44	-40	-36	-32	-27	-25	-21	-18
7	-37	-35	-32	-27	-23	-20	-17	-14
10	-34	-32	-29	-23	-20	-17	-14	-12
13	-32	-30	-26	-21	-18	-15	-12	-10
15	-31	-28	-24	-20	-16	-14	-11	-8
17	-30	-26	-23	-18	-15	-12	-9	-7

Неблагоприятным фактором, снижающим теплозащитные характеристики одежды, является влажность. Вода обладает в 20 раз большей теплопроводностью, чем воздух. При замерзании влаги в слоях одежды тепловое сопротивление падает еще значительно.

Увлажнение одежды может происходить как извне, за счет осадков, так и изнутри, в результате потоотделения. При интенсивной физической нагрузке потоотделение даже зимой составляет 0,3 ... 1 кг/ч. При сильном ветре, низкой температуре воздуха, осадках теплоизоляция одежды может снижаться на 90 %. Ветер и влага являются основными причинами снижения теплозащитных свойств обмундирования.

Электромагнитные излучения радиочастот

Техногенные электромагнитные излучения (ЭМИ) сопровождают профессиональную деятельность военных специалистов и представляют сложную гигиеническую проблему. При этом обычно рассматривается только диапазон частот от 30 кГц до 300 ГГц, как наиболее распространенный, на который приходится наибольшая доля энергетической нагрузки личного состава. В повседневной практике этот диапазон именуется как ЭМИ радиочастот (до 300 МГц) и микроволн (свыше 300 МГц).

Физическими свойствами ЭМИ радиочастот и микроволн (РЧ и МКВ) являются: распространение в пространстве, отражение, нагрев материалов, взаимодействие с веществами и ряд других. Эти свойства используются в различных технических устройствах.

Непосредственными источниками электромагнитной энергии являются части технических изделий, которые способны создавать в пространстве электромагнитные волны. В радиоаппаратуре это — антенные системы,

генераторные лампы, катодные выводы магнетронов, места неплотного сочленения фидерных трактов, разэкранированные места генераторных шкафов, экраны электронных визуальных средств отображения информации; на

установках по термообработке материалов — рабочие индукторы и разэкранирования фидерных линий.

ЭМИ РЧ и МКВ являются составной частью неионизирующе-го спектра электромагнитных излучений в частотном диапазоне от елинип Гн ло 300 гигагепп (ГГп = 109 Гц). Основными параметрами ЭМИ являются длина волны (λ) и частота (f) $f = c/\lambda$, где c — скорость света, равная 3×10^8 м/с в вакууме.

ЭМИ РЧ и МКВ характеризуются тремя основными параметрами: напряженностью электрического поля (E), напряженностью магнитного поля (H) и плотностью потока энергии (ППЭ). Оценка интенсивности РЧ и МКВ различных диапазонов неодинакова. В диапазоне радиочастотного излучения менее 300 МГц (по рекомендации Международной организации IRPA/INIRC — менее 10 МГц) интенсивность излучения выражается напряженностью электрической и магнитной составляющих и определяется соответственно в вольтах на метр (В/м) и амперах на метр (А/м). В диапазоне МКВ, т. е. выше 300 МГц, интенсивность, или ППЭ выражается в ваттах на метр квадратный (Вт/м²; 1 Вт/м² = 0,1 мВт/см² = 100 мкВт/см²).

Электрическое поле от излучающей антенны имеет три зоны: ближнюю — зона индукции, или зона несформировавшейся волны (имеется магнитная и электрическая составляющие); промежуточную, или интерференционную (происходит наложение магнитных и электрических полей), и дальнюю, или зону сформировавшейся волны. Размеры этих зон зависят от типов антенн, длины волн излучения, а также площади раскрыва антенны (табл. 2.7).

Таблица 2.7 Зависимости зон излучения направленных антенн

Зоны излучения	Направленные антенны		Ненаправленные (изотропные) антенны
	Для параболических и круглых антенн	Для других типов антенн	
Ближняя ($R_{б.з.}$, м)	$R_{б.з.} = L^2/4\lambda$	$R_{б.з.} = L_1 L_2 / 4\lambda$	$R_{б.з.} = \lambda/2\pi$
Промежуточная ($R_{п.з.}$, м)	Размер зоны $R_{п.з.} = R_{д.з.} - R_{б.з.}$		$R_{п.з.} = \lambda/\pi$
Дальняя ($R_{д.з.}$, м)	$R_{д.з.} = L^2/\lambda$	$R_{д.з.} = L_1 L_2 / \lambda$	$R_{д.з.} = 3\lambda/2\pi$

Примечания: L — диаметр антенны, м; L_1 , L_2 — горизонтальный и вертикальный размеры раскрыва антенны, м; λ — длина волны излучения, м.

В зоне сформировавшейся волны:

$$E(\text{В/м}) = 120\pi \times H(\text{А/м})$$

Величина ППЭ определяется из соотношения:

$$\text{ППЭ}(\text{В/м}^2) = E^2(\text{В/м}) / 120\pi = H^2(\text{А/м}) \times 120\pi$$

Эколого-гигиеническая оценка электромагнитной обстановки должна начинаться с учета радиоизлучающих источников и их основных технических характеристик, расположения, мест возможных утечек ЭМИ, продолжительности работы излучателей, времени нахождения человека в зоне излучения, излучаемой мощности (импульсной или средней), коэффициента усиления антенн, площади раскрыва антенн, диаграмм излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, сектора обзора антенн и их высоты над поверхностью земли. В контроль за эколого-гигиенической обстановкой РЧ и МКВ входят расчетное и инструментальное определения уровней излучения. Расчет уровней ЭМИ необходим для получения предварительных данных, дающих представление о степени соответствия уровня электромагнитного фона нормируемым величинам, в том числе и для более оперативного и целенаправленного инструментального анализа. Расчетный метод оценки применяется в основном для ЭМИ от антенн. Методика проведения расчета для различных зон излучения представлена в таблице 2.8.

Таблица 2.8 ППЭ МКВ от неподвижных направленных антенн

Зоны излучения	По оси лепестка излучения	По краю лепестка излучения
Ближняя	$ППЭ = 3P_{\text{ср.}}/A$	$ППЭ = P_{\text{ср.}}/3A$
Промежуточная	$ППЭ = (3P_{\text{ср.}}/A) \times (R_0/R)^2$	—
Дальняя	$ППЭ = P_{\text{ср.}} \times G/4\pi R^2$	$ППЭ = 0,5P_{\text{ср.}} \times G/4\pi$

Примечания:

ППЭ — плотность потока энергии, Вт/м²;

P_{ср.} — средняя мощность станции, Вт;

A — площадь раскрыва антенны, м²;

N — скважность, усл. ед. (из паспорта станции);

R — расстояние от антенны до определяемой точки, м;

G — коэффициент усиления антенны, усл. ед. (из паспорта станции).

В случае отсутствия P_{ср.}, G и N в паспорте станции они определяются по формулам:

$$P_{\text{ср.}} = P_{\text{имп.}} / N = (P_{\text{имп.}} \times t) / (t + a)$$

$$N = T / t = (t + a) / t,$$

где T — период повторения импульсов, с;

a — длительность паузы между импульсами, с;

t — длительность импульса, с;

P_{имп.} — импульсная мощность станции, Вт,

$$G = 4\pi \times 0,7A/\lambda^2 = 8,8 A/\lambda^2$$

или

$$G = KНД \times KПД = KНД \times P/P_0$$

где KНД — коэффициент направленного действия, усл. ед;

KПД — коэффициент полезного действия, усл. ед;

P — излучаемая мощность антенны, кВт;

P_0 — мощность, подводимая к антенне, кВт.

В ближней зоне излучения от направленных антенн могут создаваться максимальные интенсивности, превышающие максимальные значения. При этом максимальная интенсивность в ближней зоне находится на расстоянии

$$R = 0,2 \times L^2 / \lambda,$$

где L — диаметр антенны, м;

λ — длина волны излучения, м.

Эта интенсивность приблизительно в 40 раз больше интенсивности на границе ближней и дальней зон.

Удаление точки максимума ППЭ от антенн удобно представить в виде

$$R_{max} = 0,67 \times f \times L^2,$$

где f — частота излучения, ГГц;

R — удаление (расстояние) точки максимальной ППЭ от антенны, м;

L — диаметр антенны, м.

Значение уровня ППЭ вычисляют по формуле:

$$ППЭ = 16 P_{cp} / \pi L^2,$$

где ППЭ — плотность потока энергии, Вт/м²,

P_{cp} — средняя мощность источника, Вт,

L — диаметр антенны, м.

Уровень напряженности ЭМИ по электрической составляющей до 300 МГц от ненаправленных антенн производят по формуле:

$$E = 7,67 \sqrt{P_{cp} \times G / R},$$

где E — напряженность ЭМИ по электрической составляющей, В/м;

P_{cp} — средняя мощность источника излучения, Вт;

G — коэффициент усиления антенны, отн. ед.;

R — расстояние от источника излучения до объекта облучения, м.

Измерения РЧ и МКВ являются основным методом экологигиенического контроля. В частотном диапазоне до 300 МГц применяются приборы NFM-1, ПЗ-15 (16, 17, 21); свыше 300 МГц - ПЗ-9 (14, 18, 19, 20, 24). Согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03, измерения проводятся не реже одного раза в год, а также при вводе в действие новых установок, внесении изменений в конструктивные особенности источников и их размещение, изменении режима излучения, после проведения ремонтных работ, сопровождающихся изменением излучаемой мощности, и внесении изменений в средства защиты от воздействия РЧ и МКВ. Измерение уровней ЭМИ проводится при максимальной излучающей мощности источников. В случае измерений при неполной излучаемой мощности делается перерасчет до уровня максимального значения. При нескольких режимах работы, различающихся по физическим характеристикам излучений, измерения проводятся в каждом отдельном случае.

Основным элементом электромагнитной производственной и

экологической безопасности человека является нормирование. Основным руководящим документом, определяющим параметры воздействия ЭМИ РЧ и МКВ, являются «Санитарные правила и нормы...» СанПиН 2.1.8./2.2.4.1383-03).

В таблице 2.9 представлены наиболее важные типы источников ЭМИ и их энергетические мощности.

Таблица 2.9 Энергетическая мощность радиоизлучающих средств, применяемых в армиях зарубежных стран

Типы источников	Импульсная мощность, МВт	Средняя мощность, КВт
Внебортовые: наземные корабельные	0,1–20,0	0,2–10,0
	0,1–2,4	1,0–14,5
Бортовые авиационные: РЛС средства РЭБ и др.	0,1–до неск. ед.	0,2–1,0
	0,1–1,0	0,2–2,0

Энерговооруженность РЛС растет из года в год. Прирост мощности генераторов электромагнитной энергии (например, для военной авиации) за каждые пять лет увеличивается на 30%. Косвенным показателем мощностных параметров таких источников является количество режимов работы радиотехнических комплексов. Так, станции истребителей IV—V поколений имеют до 40—50 режимов против 5—10 у истребителей 1960—1970-х годов III поколения.

В ВМФ большую опасность для здоровья представляют радиоизлучающие источники кораблей, создающие высокие уровни интенсивности излучения (особенно на авианесущих кораблях). В радиусе до 50 м от некоторых станций интенсивность излучения может достигать 400 - 800 Вт/м².

Воздействие ЭМИ оценивается по:

— **энергетической экспозиции** — в отношении лиц, обучение или работа которых связана с необходимостью пребывания в зонах влияния ЭМИ (при условии прохождения ими в установленном порядке обязательных предварительных, при допуске к работам с ЭМИ, и периодических, в процессе работы, медицинских осмотров);

— **значениям интенсивности** — в отношении следующих категорий: лиц, работа или обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источника ЭМИ; лиц, не проходящих обязательные медицинские

осмотры (хотя возможность воздействия ЭМИ не исключается) или при наличии отрицательного заключения по результатам медицинского осмотра; работающих или учащихся лиц, не достигших 18-летнего возраста; лиц, находящихся в жилых, общественных и служебных зданиях и помещениях, подвергающихся воздействию внешнего ЭМИ (кроме зданий и помещений передающих радиотехнических объектов); лиц, находящихся на территории

жилой застройки и в местах массового отдыха.

Для диапазона частот выше 300 МГц режим воздействия может быть непрерывным или прерывистым. Прерывистым воздействием следует считать воздействие от антенн, работающих в режиме кругового обзора, или сканирования с частотой не более 1 Гц и скважностью не менее 20. Все другие случаи воздействия следует считать режимом непрерывного воздействия. В случае импульсно-модулированных колебаний оценка проводится по средней за период следования импульса мощности источника ЭМИ и, соответственно, средней интенсивности ЭМИ.

Результаты измерений вблизи более 20 отечественных источников ЭМИ, находящихся, например, на борту различной авиационной техники, показали интенсивность излучения от 100 до 1000 Вт/м². Воздействие ЭМИ на инженерно-технический состав (ИТС) происходит при осмотре, наладке радиолокационной аппаратуры. Достаточно высокие уровни интенсивности излучения могут создаваться в зоне перекрещивания ЭМИ от нескольких РЛС. Проведенные гигиенические исследования показали, что плотность потока энергии, с которой приходится сталкиваться персоналу РИС, может достигать 50 Вт/м². Это в 20—25 раз выше, чем профессиональное облучение других категорий личного состава от наземных РИС. Риск переоблучения ЭМИ у персонала группы руководителя полетами (руководителя системы посадки и руководителя системы ближнего наведения) на военных аэродромах соответственно в 10 и 20 раз меньше, чем у специалистов РЛС. Наибольший непрофессиональный риск переоблучения на военных аэродромах характерен для ИТС, руководителей полетами, летного состава, офицеров боевого управления на командных пунктах, диспетчеров, личного состава службы ГСМ, аэродромной службы, метеослужбы. Максимальные уровни воздействия могут достигать до 2,5 Вт/м².

В настоящее время реально могут встретиться уровни интенсивности излучения до 1000—2000 Вт/м², 80—90% которых приходится на микроволновый диапазон.

Радиационно опасный фактор

Различают следующие виды поражения радиоактивными веществами: внешнее облучение; внутреннее облучение; контактное облучение.

Внешнее облучение. Основную опасность при внешнем облучении представляет гамма-излучение вследствие высокой проникающей способности гамма-фотонов. Гамма-фотоны свободно проникают внутрь тела человека и могут стать причиной развития лучевых поражений (острая и хроническая лучевая болезнь). Гамма-излучение слабо поглощается воздухом, поэтому поражение человека возможно на значительном удалении от источника ионизирующего излучения.

Слой половинного ослабления гамма-излучения для различных защитных материалов можно определить по формуле:

$$d_{\text{эф}} = 13/p,$$

где $d_{\text{эф}}$ — слой половинного ослабления, см;

p — плотность материала, г/см³.

Источниками **внутреннего облучения** являются радиоактивные вещества, поступившие внутрь организма человека с загрязненным воздухом, продуктами питания и питьевой водой. При попадании радиоактивных веществ внутрь

организма бета-излучение, вследствие его большой удельной (относительно к единице массы) ионизирующей способности, более опасно, чем гамма-излучение. Особенно опасно попадание внутрь организма альфа-активных радионуклидов из-за их чрезвычайно высокой ионизирующей способности. Изотопы йода, цезия, стронция, бария легко впитываются в кровь и, вступая в химически стойкие соединения, могут накапливаться в различных органах и системах организма. Такие органы и системы называются **критическими**. Именно длительная задержка некоторых радионуклидов в критических органах и определяет опасность внутреннего облучения. Скорость выведения радионуклидов из организма за счет распада и биологических процессов характеризуют **периодом полувыведения $T_{\text{эфф}}$** . Величина $T_{\text{эфф}}$ — время, в течение которого из организма будет выведена половина попавшего радионуклида.

При длительном проживании людей на территории, загрязненной радионуклидами, и употреблении продуктов местного производства следует учитывать не только воздействие внешнего гамма-излучения, но и поступление радионуклидов с пищей (95 %), водой (4 %) и воздухом (1%). При этом дозы внешнего и внутреннего облучения всего тела становятся соизмеримыми.

Контактное облучение обусловлено воздействием бета-частиц на кожные покровы. Бета-частицы, вследствие небольшой длины пробега в биологических тканях, интенсивно поглощаются кожей, вызывая развитие лучевых ожогов. Степень поражения кожи зависит от количества попавших на нее радиоактивных веществ и времени воздействия их на кожу.

Средства индивидуальной защиты кожи полностью защищают ее от загрязнения бета-излучающими радиоактивными веществами. При попадании бета-излучающих радионуклидов на кожу необходимо как можно скорее вымыть пораженные участки водой с мылом, или обтереть их тампоном, смоченным жидкостью из индивидуального противохимического пакета, или этиловым спиртом.

Основываясь на концепции социально приемлемого риска (в промышленности риск смерти 5×10^{-4} в год на человека), предел дозы для личного состава в чрезвычайных ситуациях не должен превышать 50 мЗв (5 бэр) в год, то есть как для категории работников группы «А» лиц, профессионально работающих с источниками ионизирующих излучений. Доза облучения, получаемого населением от природных источников облучения, определяется как для персонала группы «Б» — 5 мЗв (0,5 бэр) в год. ,
Для защиты от облучения необходимо:

- своевременное обнаружение радиоактивного загрязнения;
- использование укрытий (убежищ, подвальных помещений и других сооружений);
- ограничение времени пребывания людей на загрязненной местности;
- использование радиозащитных средств (радиопротекторов), когда неизбежно облучение личного состава в дозах, превышающих предельно допустимые; табельный радиопротектор «цистамин» эффективен при приеме за 35—40 минут перед облучением. Защитный эффект сохраняется на протяжении 6—8 часов с момента приема;
- применение медицинских средств, повышающих общую сопротивляемость организма. ‘ ’

Для ВМФ особую и специфичную опасность представляют жидкие и твердые радиоактивные отходы. Они обуславливают внешнее и внутреннее облучение человека. Для защиты личного состава от радиоактивных аэрозолей на вооружении ВМФ имеется респиратор РМ-2. К сожалению, он слабо защищает от паров йода и, особенно, йодорганических соединений (йодистого метила). К тому же, он неудобен в эксплуатации.

Световое излучение

Проблема воздействия электромагнитного излучения в оптическом диапазоне спектра на человека и его орган зрения связана с самой природой светового излучения. Свет, являясь первопричиной развития зрения и одним из основных факторов окружающей среды, определяющих существование человека, в определенных условиях представляет для него потенциальную опасность. Воздействие высоких уровней яркости света на зрительную систему, ведущее к снижению ее функций и даже к патологическим изменениям, возможно как в природных, так и в производственных условиях деятельности. К первым относятся условия снежных Пространств или пустынь, освещенных лучами солнца, яркость освещенных солнцем облаков при полетах авиации за облаками и тп. Ко вторым относятся излучения мощных источников света (прожекторные установки, электро- и газосварка, лазерные системы, ксеноновые, галогенные лампы, пиротехнические средства, световое излучение ядерного взрыва и т. п.).

Экстремальными являются не только избыточные яркости, но и недостаточный уровень освещения, ведущий также к неблагоприятным последствиям для здоровья человека.

Физиологическую опасность для зрения представляет:

— ультрафиолетовое (УФ) излучение: от 0,1 до 0,38 мкм (область С: 0,1—0,28 мкм, область В: 0,28—0,315 мкм, область А: 0,315-0,38 мкм);

— видимое излучение: от 0,38 до 0,78 мкм;

— инфракрасное (ИК) излучение: от 0,78 мкм до 1 мм (область А: 0,78 мкм—1,4 мкм, область В: 1,4—3 мкм, область С: 3 мкм — 1 мм).

УФ-излучение характеризуется самыми мощными фотонами. Оно обладает сильным фотохимическим действием и оказывает многообразное биологическое воздействие. Без УФ-излучения невозможно нормальное функционирование организма человека и животных. Однако, большие дозы этого излучения оказывают поражающее действие на живой организм и его отдельные системы.

Наибольшее повреждающее действие на роговицу глаза оказывает область УФ-излучения с длиной волны 288—290 нм. УФ-излучение с Длиной волны более 290 нм частично поглощается в хрусталике, вызывая при повторном воздействии его помутнение. При длине волны 325 нм наблюдается органическое поражение сетчатой оболочки. Излучение видимого участка спектра обладает значительным

фотоэлектрическим и фотохимическим действием. Среди повреждений органа зрения видимым световым излучением, в первую очередь, выделяются солнечные ожоги, возникающие при длительном наблюдении солнечного диска. Повреждения сетчатой оболочки глаза возможно под действием искусственных источников света, которые по своим энергетическим характеристикам превосходят световое излучение Солнца. К такому же

эффекту приводит продолжительное воздействие света умеренной интенсивности.

Отличительной особенностью воздействия видимого света на орган зрения при энергии излучения, не приводящей к органическому поражению, является развитие временного нарушения зрительного восприятия, связанного с процессом переадаптации. Этот вид нарушения зрительного восприятия определяется термином «временное ослепление» и характеризуется ухудшением основных зрительных функций при определенных параметрах светового воздействия. Условия, в которых может развиваться временное ослепление, весьма разнообразны как по своей физической природе, так и по особенностям формирования физиологических механизмов ослепления. ИК-излучение имеет фотоны с энергией, меньшей, чем видимый УФ-диапазон. Характерными для этого вида излучения являются его тепловое и, в значительно меньшей степени, фотоэлектрическое и фотохимическое действие. Одним из наиболее известных видов повреждения органа зрения ИК-излучением (длина волны — 1,1—1,8 мкм или 1100—1800 нм) является помутнение хрусталика, развивающееся за счет поглощения излучения в тканях. При воздействии ИК-излучения в диапазоне 0,75—1,15 мкм наиболее вероятно ожоговое поражение сетчатки, а при длине волны больше 1,9 мкм — поражение внешних оболочек глаза и радужки.

Хроническое воздействие избыточных доз ИК-излучения приводит к ряду патологических изменений со стороны век и переднего сегмента глазного яблока. Источниками ИК-излучения могут быть широко применяемые для скрытого обнаружения, идентификации и подсвета цели, а также для определения ее удаления от самолета бортовые лазерные системы, генерирующие излучение в ближнем ИК диапазоне (длина волны излучения 1,06 мкм).

Высокая мощность **лазерного излучения** представляет для органа зрения значительно большую опасность по сравнению со всеми известными источниками оптического излучения. Лазерные ожоги имеют, как правило, локальный характер. Такие ожоги идентичны контактному термическому ожогу. При плотности мощности излучения 1—2 Вт/см² отмечались отек эпителия и точечные помутнения. При дальнейшем увеличении плотности мощности наступает различной выраженности поражение роговицы — от поверхностного помутнения до обугливания ее собственного вещества с последующей перфорацией.

Данные экспериментальных и эпидемиологических исследований показывают, что, помимо воздействия на орган зрения человека, УФ-излучение является канцерогенным и приводит к развитию базалиомы, плоскоклеточного рака и меланомы кожи. Основным компонентом атмосферы, который защищает от чрезмерной УФ

радиации, является озон. Он практически полностью поглощает УФ-радиацию еще в мезосфере. Потери 1 % озонового слоя приводят к росту на 2 % уровня УФ-В радиации в средних широтах. За этим, по утверждению американского Агентства по защите окружающей среды, должно следовать значительное повышение заболеваемости злокачественными опухолями кожи, которые преобладают среди белого населения, и, особенно, среди голубоглазых и сероглазых блондинов и рыжеволосых, которые хуже переносят солнце и

имеют склонность к появлению веснушек. Чаще опухоли кожи располагаются на открытых частях тела.

Световое воздействие, от которого необходимо обеспечивать защиту личного состава, разделяют на:

- воздействие излучения мониторов и других электронных приборов при работе операторов в условиях повседневной и боевой деятельности;
- экстремальные световые воздействия при работе с электросварочным оборудованием и другими источниками интенсивных световых излучений;
- интенсивное воздействие яркого солнечного света и ультрафиолетового излучения;
- повреждающее действие источников лазерного излучения при повседневной деятельности войск;
- применение лазерного оружия при боевых действиях войск;
- воздействие светового излучения ядерного взрыва (СИЯВ) при ведении боевых действий с применением ОМП.

Для защиты глаз личного состава от световых излучений успешно используются специальные средства индивидуальной защиты. Для экологической защиты открытых участков тела от неблагоприятного воздействия ультрафиолетового излучения солнца используются профилактические защитные мази и кремы.

Шум

Шум представляет собой акустические колебания всех диапазонов. При воздействии шума интенсивностью более 140 дБА даже в течение коротких промежутков времени наступает повреждение (разрыв) барабанной перепонки, при интенсивности 130 дБА возникает острая боль. В таблице 2.9 приведены характерные значения интенсивности шума от различных источников.

Таблица 2,9 Интенсивность шума на расстоянии 1 м от источника

Источник шума	Интенсивность шума, дБА
Выстрел из орудия	160 – 180
Взлет реактивного самолета	150 – 170
Старт ракеты	140 – 160
Выстрел из автомата	130 – 150
Танк	100 – 120
Тяжелый грузовик	90 – 110
Корабельный дизель	100 – 110
Отбойный молоток	90

Наиболее неблагоприятная акустическая обстановка наблюдается на рабочих местах инженерно-авиационных специалистов, связанных с непосредственным техническим обслуживанием авиационной техники. На них в ближнем звуковом поле самолета воздействуют шумы интенсивностью 120—130 дБ (А), что практически достигает уровня болевого порога органа слуха человека. Летный состав также можно отнести к лицам шумовой профессии, хотя уровни действующего на них шума в кабинах летательных аппаратов

находится в пределах 90—100 дБ (А). Значительному воздействию Шумов импульсного характера подвергаются военнослужащие, связанные с боевым применением артиллерийского и ракетного вооружения. Необходимо учитывать акустическое воздействие на личный состав, связанный с работой на различного рода пунктах управления, в помещениях которых фиксируется не очень высокие уровни шумов (порядка 85—90 дБ (А)). Однако, их продолжительное воздействие также может неблагоприятно сказываться на здоровье и работоспособности личного состава. Воздействие шумового фактора на человека состоит из двух составляющих: нагрузки на орган слуха как систему, воспринимающую звуковую энергию, и воздействие на центральные звенья звукового анализатора, как систему приема информации. Для оценки первой составляющей есть специфический критерий утомления органа слуха, выражающийся в смещении порогов восприятия тонов, которое пропорционально величине звукового давления и времени экспозиции. Вторая составляющая получила название неспецифического влияния, которое можно объективно оценить по интегральным физиологическим показателям. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности, в дБА

Категории напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	—	—	—
Напряженный труд 2 степени	50	50	—	—	—

Примечание — для тонального и импульсного шума — ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в таблице; для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления — на 5 дБА меньше фактических уровней шума в помещениях (измеренных или рассчитанных), если последние не превышают значений таблицы (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учиты-

вается), в противном случае — на 5 дБ А меньше значений, указанных в таблице. Количественная оценка тяжести и напряженности трудового процесса проводится в соответствии с Руководством 2.2.013-94 «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести, напряженности трудового процесса». Для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать НО дБ А, а для импульсного шума — 125 дБА. Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука нормируются, исходя из индивидуальной тяжести и напряженности конкретных групп военнослужащих. Наибольшую опасность для человека представляют инфразвук и ультразвук. Источниками инфразвука являются газотурбинные установки летательных аппаратов, вентиляторы и другие технические средства, совершающие вращательные движения с частотой менее 20 оборотов в секунду. Уровень инфразвука 150 дБ является пределом переносимости при кратковременном воздействии. Ультразвук возникает при работе турбин, пневмодвигателей, вентиляторов. Нормирование допустимого уровня шума проводится по комплексу показателей с учетом их гигиенической значимости. Действие шума на организм оценивают по обратимым и необратимым, специфическим и неспецифическим реакциям, снижению работоспособности или дискомфорта.

Совершенствование силовых установок образцов ВВТ сопровождается увеличением интенсивности механоакустического фактора и повышение уровней воздействующих на личный состав шумов, характеризуемых амплитудными, частотными, временными и энергетическими параметрами. Основными показателями, количественно описывающими акустические волны шума, являются давление и интенсивность звука. Давление звука составляет разность между значениями полного давления и давления при отсутствии звуковых колебаний. Под интенсивностью (силой) понимают акустическую энергию, действующую на площадь 1 м². При распространении звука перпендикулярно к площади его сила пропорциональна квадрату давления, измеряемого в паскалях (Па), которые являются абсолютными для звукового давления величинами. Относительные единицы характеризуют превышение одной акустической величины над другой. В качестве таких единиц употребляются бел (Б) и его десятая часть децибел (дБ).

$$N(B) = \lg W_1 / W_0$$

$$N(6E) = 10 \lg W_1 / W_0,$$

где W_1 и W_0 — сравниваемые мощности звука.

Интенсивность звука измеряют в Вт/м², а его уровень — в децибелах по формуле

$$L = 10 \lg(I/I_0) = 10 \lg(P^2/P_0) = 20 \lg(P/P_0),$$

где I и P — средние квадратические значения интенсивности и давления в точке измерения;

I_0 и P_0 пороговые величины интенсивности и давления, равные 10⁻¹² Вт/м² и 2×10⁻⁵ Па соответственно.

Важно, что указанные величины совпадают с порогом слуха при действии тона частотой 1000 Гц и являются началом отсчета нулевого уровня слуховой чувствительности. Диапазон между абсолютным (нулевым) порогом слуха и болевым порогом находится в пределах от 0 до 130—140 дБ, а по уточненным данным — от 0 до 140—160 дБ. Для удобства отсчета чаще всего применяют логарифмическую (децибельную) шкалу. Это определяется тремя основными причинами. Во-первых, при различных значениях давления и интенсивности звука их уровни по величине одинаковы. Во-вторых, ухо реагирует не на разность, а на кратность изменения давления. Наконец, в-третьих, такая шкала удобна при огромном динамическом диапазоне слухового восприятия. Неодинаковая чувствительность уха к звукам с различной частотной характеристикой обусловила и дифференцированное обозначение их уровней в децибелах - дБ (А), дБ (В), дБ (С) и др. Характеристики различных источников шума приведены в таблицах 2.11 и 2.12.

Таблица 2.11 Характеристики источников шума

Источник шума	Расстояние, м	Звуковое давление, Па	Интенсивность звука, Вт/м ²	Уровень интенсивности, дБ
Порог ощущения	—	$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-12}	0
Шепот	0,3	$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-8}	40
Кабина пассажирского самолета	6,0	$2 \cdot 10^{-1}$	10^{-4}	70—80
Поршневой самолет	1,0	6,3	10^{-1}	100—110
Реактивный одноместный самолет	0,5—1,0	20—63	1—10	120—130
Реактивный пассажирский самолет	5,0	63—126	10—40	130—136
Болевой порог слуха	—	200	100	140
Ракетный двигатель	2,0—3,0	200—2000	100—10000	140—160

Таблица 2.12 Максимальные уровни шумов (дБ) современных самолетов

Тип самолетов	Вблизи самолетов	В кабине
Истребители	139—140	98—104
Бомбардировщики	136—139	95—109
Транспортные	122—123	95—104
Вертолеты	до 131	112—118

Указанные уровни шумов для различных этапов деятельности летчиков и инженерно-технического состава (ИТС) превышают санитарные нормы, которые варьируют в зависимости от характера труда и отдыха от 60 до 85 дБ. При воздействии звука на слуховую систему происходит повышение порогов слуха. Если в ближайшие минуты после окончания этого воздействия пороги слуха остаются близкими к исходному уровню, то такое явление можно рас-

смагивать как компенсаторную, приспособительную реакцию. Длительное, в течение многих часов повышение порогов слуха, которые затем все же возвращаются к исходному уровню, отражает утомление анализатора. Критерием начала кумуляции эффекта утомления, которое приводит к стойкой потере слуха, можно считать прекращение восстановления исходной слуховой чувствительности к началу следующего шумового воздействия, если оно является достаточно регулярным. - Понижение слуха начинается обычно после более или менее продолжительного периода профессионального воздействия шума. Вначале появляется стойкое понижение слуха в диапазоне частот 3000—6000 Гц, затем эта граница расширяется в сторону разговорных частот. Если, наряду с шумом, действует интенсивный вибрационный

Таблица 2.13 Реакция организма на периодические воздействия интенсивных акустических импульсов длительностью до 1000 мс в широком диапазоне интенсивностей

Уровень шума, дБ	Реакция организма на шумовое воздействие	Степень необходимой защиты
165	Тотальные реакции организма: нарушение ритма дыхания, неблагоприятные реакции со стороны желудочно-кишечного тракта, изменение показателей электрокардиограммы	Тотальная защита тела
155	Реакции слуховой системы: — резко выраженные: болевые ощущения в области барабанных перепонки, резко выраженная гиперемия и инъекция сосудов, повышение порогов слуха;	Защита органа слуха
150	умеренная кратковременная боль в ухе, участковая гиперемия сосудов, повышение порогов слуха;	
140	— выраженные: чувство давления на перепонку, неприятные ощущения, умеренное изменение ее окраски, умеренное повышение порогов слуха;	
132	— слабо выраженные: прикосновение к перепонке, временная потеря слуха, не регулярно.	
128....120	Ориентировочные реакции	

раздражитель, то процесс тугоухости ускоряется, и изменения ' слуха распространяются и на низкие частоты. Действие шумового фактора приводит к снижению работоспособности и появлению признаков утомления. Ра-

ботоспособность при чрезмерном шумовом воздействии снижается в зависимости от напряженности и тяжести труда. Наибольшее снижение (до 5—20 %) зарегистрировано при выполнении сложных психомоторных операций, наименьшее (1—4 %) — при преимущественно физическом труде. Так, после длительного действия шума качество пилотирования на тренажере у летчиков ухудшается. При заходе на посадку ошибки по сравнению с фоновыми данными возрастают: на глиссаде снижения — на 134 %, отклонения по крену — на 122 %, по тангажу — на 100 %. Запаздывание в отклонении руля высоты возрастает на 20—30 %, а элеронов — на 8—10 %. Отмечается также тенденция к увеличению напряжения физиологических функций в среднем на 10 %.

Результаты изучения закономерностей реакций слуховой системы и организма на периодическое воздействие акустических импульсов в широком диапазоне интенсивности и временных зависимостей обобщены в таблице 2.13. Воздействие вибрации

Вибрация распространена в образцах военной техники и окружающей среды и представляет собой механические колебания, сотрясения и толчки, влияющие на человека. Вибрация относится к факторам, обладающим большой биологической активностью. Характер, глубина и направленность физиологических сдвигов организма определяются уровнями, спектральным составом вибрации, а также физиологическими свойствами тела человека. В развитии этих реакций важную роль играют анализаторы — вестибулярный, двигательный, зрительный, кожный и др. Действие вибрации на организм определяется биомеханическими свойствами человеческого тела (физическим воздействием на поверхность контакта, распространением колебаний по тканям, непосредственной реакцией на воздействие органов, а также раздражением механорецепторов). Все это вызывает сложные нервно-рефлекторные и субъективные реакции. Первый этап воздействия определяется входным механическим сопротивлением. Второй — свойствами тканей и структур тела. Третий этап — типом и количеством раздражаемых рецепторов и зависит от механических свойств тела. Различают локальную и общую вибрации. Они могут оказывать неблагоприятное влияние на организм человека, вызывать изменения в функциональном состоянии вестибулярного анализатора, центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем. Среди физических факторов вибрация занимает промежуточное место между акустическим шумом и ударными ускорениями. Вибрация является одним из значимых факторов движения военно-технических систем (ВТС). Она может приводить к ухудшению функционального состояния человека, обуславливать напряженность и утомление, изменять функцию ряда анализаторных систем, влиять на качество управления ВТС, способствовать возникновению иллюзий, нарушать считывание информации. В то же время, вибрация может быть и источником информации о состоянии ВТС. Так, вибрация самолетов в штатном режиме на порядок ниже по уровню, основной спектр ее лежит в диапазоне выше 100 Гц, т. е. она фактически не передается

по телу летчика и действует локально. , Особенно сильному воздействию вибрации подвержены летчики армейской авиации. Уровень виброскорости в кабине тяжелого транспортного вертолета в октавной полосе 16 Гц равен в среднем 114 дБ (уровень виброскорости в кабине трактора в октавной полосе 4— 16 Гц составляет 110— 120 дБ). Среднеквадратические значения виброускорения в кабине экипажа вертолетов лежат в области 1,5— 4,0 м/с², при этом наибольшая интенсивность вибрации находится в области низких частот — до 20 Гц. В этом диапазоне находятся резонансные частоты организма в целом и его отдельных органов.

В последнее время для гигиенической оценки вибрации как профессионально неблагоприятного фактора используют показатели дозы воздействия, предполагающие соотнесение вычисленного значения дозы с допустимым. Опасные химические вещества (ОХВ) воздействуют на организм человека через органы дыхания (ингаляционное воздействие) и через кожные покровы (кожно-резорбтивное воздействие). Наиболее масштабным и опасным является ингаляционное воздействие ОХВ, вследствие чего защита органов дыхания личного состава является наиболее сложной и приоритетной задачей. Количественной мерой наличия ОХВ в воздухе является его концентрация (С), а при воздействии на организм человека — доза (D). В настоящее время для нормирования качества воздуха или при оценке воздействия ОХВ на организм человека принято выделять следующие критериальные значения концентраций (в порядке возрастания): сверхмалые концентрации (СМК); предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК); предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_м); предельно допустимая концентрация рабочей зоны (ПДК_{рз}); пороговая концентрация (РС₅₀); средняя эффективная концентрация (ЕС₅₀); средне выводящая концентрация (1С₅₀); средняя смертельная концентрация (LC₅₀). Влияние СМК ОХВ порядка 10¹² — 10¹⁵ мг/л на живые организмы в настоящее время изучено не в полной мере.

ПДК_{СС} — концентрация ОХВ в воздухе, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

ПДК_{мр} — концентрация ОХВ в воздухе, которая не вызывает рефлекторных (в том числе субсенсорных — «чувствительных») реакций в организме человека. Этот показатель необходим для предупреждения рефлекторных реакций у человека при кратковременном воздействии атмосферных загрязнителей (в течение 20 мин).

ПДК_{рз} — концентрация ОХВ в воздухе, которая не вызывает у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдаленной перспективе. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадка, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

PC_{50} — концентрация ОХВ в воздухе, которая вызывает появление признаков поражения у 50% личного состава. При этом у некоторой части людей, наиболее чувствительных к воздействию ОХВ, могут наблюдаться поражения с выходом из строя вплоть до средней степени тяжести (до 2 — 3%).

EC_{50} — концентрация ОХВ в воздухе, которая вызывает поражения у 50% личного состава с потерей работоспособности (боеспособности) на срок от нескольких часов до нескольких суток.

IC_{50} — концентрация ОХВ в воздухе, которая вызывает поражения не ниже средней степени тяжести у 50% личного состава.

LC_{50} — концентрация ОХВ в воздухе, которая приводит к смертельным поражениям 50% личного состава.

Перечисленные диапазоны концентраций ОХВ условно можно разделить на три области — табл. 2.14.

Таблица 2.14 Область воздействия ОХВ на организм человека

Отсутствие негативного воздействия ОХВ	Неблагоприятное воздействие ОХВ			Поражающее воздействие ОХВ			
	СМК	$ПДК_{сс}$	$ПДК_{мр}$	$ПДК_{па}$	PC_{50}	EC_{50}	IC_{50}

При $C \leq ПДК_{сс}$ факт негативного воздействия ОХВ на организм человека при неопределенно долгом пребывании личного состава в атмосфере с такими концентрациями пока однозначно не доказан.

Воздействие ОХВ с концентрациями $ПДК_{сс} < C \leq PC_{50}$ в течение относительно длительных промежутков времени не будет вызывать поражений, приводящих к выходу личного состава из строя. При этом возможны нарушения функционального состояния организма, аллергические реакции, раздражение дыхательных путей, головокружение, головные боли, повышенная утомляемость, нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта и т. д. Возможны и отдаленные негативные последствия влияния ОХВ на организм человека.

При повседневной деятельности личный состав может сталкиваться с двумя видами превышения установленных допустимых уровней воздействия ОХВ: проектное превышение безопасных норм и мелкие выбросы (проливы) ОХВ. В первом случае (работа с КРТ, боевыми ОВ и их имитаторами, эксплуатация средств аэрозольной маскировки и т. п.) время пребывания личного состава в зонах химического заражения не должна превышать сроки, установленные регламентом работ. Необходимо использовать имеющиеся табельные или предусмотренные регламентом СИЗ. Неблагоприятное воздействие ГСМ на личный состав может осуществляться по двум путям: через органы дыхания и через кожу, особенно открытые участки тела (ОУТ). В качестве иллюстрации опасности ингаляционного поражения можно привести следующий пример. Предельно допустимая максимально разовая концентрация бензина нефтяного малосернистого в воздухе составляет 5,0 мг/м³. Это

означает, что для 10-кратного превышения ПДК в закрытом помещении, например, объемом 1000 м³ достаточно испарить всего 50 г бензина. Для личного состава, длительное время находящегося в зонах загрязнения (заправщики, ремонтные бригады, персонал обслуживания хранилищ ГСМ и т. п.) необходимы СИЭЗ органов дыхания. Наиболее приемлемым вариантом такого средства является облегченный респиратор. На территории ведения боевых действий может возникнуть экологическая ситуация, характерная для чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями. Воздух может быть загрязнен бензпиреном, формальдегидом, окислами азота и серы, окисью углерода, сероводородом, хлором, аммиаком, пестицидами, диоксином и т. д. Дополнительно экологическую обстановку будут осложнять пожары на промышленных предприятиях. В случае ведения боевых действий полностью исключить отрицательное влияние на личный состав войск ОХВ невозможно. При этом необходимо сохранение боеспособности личного состава войск. Например, за счет снижения безвозвратных потерь. Опыт ведения боевых действий в Персидском заливе, Югославии и Чечне убедительно показали, что длительное пребывание войск в зонах химического заражения при разрушениях ХОО, особенно сопровождающихся пожарами, является довольно частым событием. В полной мере решить задачу защиты личного состава от ОХВ путем проведения организационных мероприятий (вывод войск из зон заражения), а также за счет использования средств защиты в этих условиях не представляется возможным. Наибольшую опасность в мирное время представляют предприятия, использующие в своем технологическом цикле ОХВ, и средства их транспортирования. Спектр ОХВ в этом случае чрезвычайно широк, заражение при авариях и выбросах носит долговременный и региональный характер. Но опасными, с точки зрения заражения атмосферы, являются примерно 60—70 химических соединений. Если при этом учесть вероятность появления этих веществ в воздухе, то их перечень ограничится следующими химическими соединениями: хлор, аммиак, гептил, формальдегид, фосген, олеум, четыреххлористый кремний, нитрил акриловой кислоты, бензол, азотная кислота, нефтепродукты, пропан-пропиленовая и бутан-бутиленовая смеси. Серьезные экологические проблемы связаны с хранением КРТ. Резкое сокращение оружия стратегического высвободило огромное количество компонентов жидкого ракетного топлива. В настоящее время на специальных складах хранится порядка 100 тыс. тонн гептила, к 2005 г. может добавиться еще порядка 20 тыс. тонн. При возникновении военных конфликтов или в условиях неограниченного применения всех видов оружия наибольшую опасность для войск будет представлять заражение атмосферы хлором и аммиаком. Характер современных войн проявляется в крупных и малых локальных конфликтах. Крупномасштабные конфликты с применением ядерного оружия наименее вероятны. В связи с этим изменилась роль и характер действия войск. В последних документах военного и политического руководства США зафиксировано, что войскам отводится ключевая роль в достижении таких стратегических целей, как поддержание стабильности пу-

тем укрепления регионального сотрудничества и конструктивного противодействия возникающим угрозам, а также «сдерживание» противника путем его надежного «устранения» и поддержание высокой готовности для ведения решительных действий. На первый план в характере вооруженной борьбы выдвигаются задачи проведения вооруженными силами полицейских и миротворческих мероприятий, эффективное участие в локальных конфликтах без нанесения противнику излишних потерь в живой силе и технике. События в Персидском заливе и Югославии показали, что, в первую очередь, разрушается промышленный потенциал «непослушных» стран путем нанесения точечных ударов по фабрикам, заводам, складам и базам хранения материальных средств, в том числе, содержащим нефтепродукты и токсичные химические вещества. Анализ материалов о загрязнении в Югославии, возникшем в результате разрушения экологически опасных объектов при бомбардировках, приводит к выводу, что НАТО и США целенаправленно разрушали промышленные экологически опасные объекты. При проведении контртеррористической операции в Чечне одной из причин заболевания личного состава федеральных войск стало отравление воздуха продуктами горения нефти и испарения с обширных территорий, залитых нефтепродуктами. В результате загрязнения нефтепродуктами 30% территории Чечни стали зоной экологического бедствия, а 40% — зоной с неблагоприятной экологической обстановкой. Определение количественных значений поражающего химического фактора, исходя из проведенного анализа источников химического загрязнения, должно осуществляться с учетом выполнения следующих условий. В качестве нижней границы концентраций (C_{\min}), от которых необходимо обеспечивать защиту личного состава войск с использованием СИЭЗ, необходимо принять значения среднесуточных ПДК. Это связано с необходимостью длительного пребывания в СИЭЗ (до суток и более), при этом СИЭЗ должны обеспечивать отсутствие любых, в том числе, и отдаленных последствий неблагоприятного воздействия ОХВ. Верхняя граница концентраций (C_{\max}) должна быть такой, чтобы при действиях личного состава в зонах химического заражения в течение 24 часов действующая ингаляционная доза не превышала пороговых значений ($C_{\max} = PC_{\text{т}} / 24$, т в часах). Характеристики ОХВ, от которых требуется защита органов дыхания, представлены в таблице 2.15. Перечисленные ОХВ способны поражать кожу человека, либо проникать через кожные покровы, вызывая поражения внутренних органов и систем организма. Например, газообразный хлор при высокой концентрации и хлорная вода могут вызвать острый дерматит с потемнением, покраснением и отеком кожи. Дерматит может перейти в экзему. От аммиака при концентрациях 7 г/м³ наблюдается легкое раздражение 3-3 влажной кожи, при 14 г/м³ — заметное раздражение, при 21 г/м³ — через несколько минут ожог с образованием пузырей. /3 ' Концентрация диоксида серы 26 г/м³ вызывает чувство раздражения и тепла в местах с тонкой и потливой кожей. Жидкий

Таблица 2.15 Перечень опасных химических веществ для разработки средства индивидуальной экологической защиты органов дыхания

Наименование опасного химического вещества	Агрегатное состояние ОХВ	C_{\max} (средне-суточная), мг/л	C_{\min} (средне-суточная), мг/л
1. Азотная кислота	п,а	$2,9 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^4$
2. Аммиак	г,п	$1,0 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^5$
3. Аммония сульфат	а	$7,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^5$
4. Гидразин-гидрат	п	$1,7 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^5$
5. Гептил	п,а	$1,7 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$
6. Диметиланилин (ксилидин)	п,а	$4,2 \cdot 10^3$	$5,5 \cdot 10^6$
7. Дихлорэтан	п	$7,3 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$
8. Кадмия оксид	а	$1,1 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^7$
9. Кобальт	а	$4,4 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^7$
10. Марганца оксид	а	$4,0 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^5$
11. Натрия нитрат	а	$1,7 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^5$
12. Натрия нитрит	а	$1,0 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^6$
13. Нефтепродукты (по бензину)	п	0,175	$1,5 \cdot 10^3$
14. Окислы азота (NO ₂)	п	$3,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^5$
15. Оксид серы (SO ₂)	п,а	$2,2 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^5$
16. Окись углерода	г	$1,9 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^3$
17. Серная кислота	п,а	$5,8 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4$
18. Сероводород	г	$3,5 \cdot 10^3$	$8,8 \cdot 10^5$
19. Свинец	а	$1,1 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^6$
20. Соляная кислота	п,а	$1,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^4$
21. Тетраэтилсвинец	п,а	$7,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^6$
22. Фенол	п,а	$3,5 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^6$
23. Хлор	п,г	$4,2 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^5$

диоксид серы вызывает ожог кожи. Возможны гнойничковые заболевания. Тетраэтилсвинец легко всасывается через кожу. Сильный нервный яд, обладает кумулятивным действием. Активный ингибитор обменных процессов, накапливается в центральной нервной системе. При воздействии нитрила акриловой кислоты появляется интенсивная краснота, жжение, в дальнейшем — ожоги. Без обмыва кожи через 10—24 ч развиваются ожоги 2 степени, заживающие с рубцом. После 20—25 мин воздействия паров в концентрациях 0,3—0,5 г/м³ — сильный зуд кожи. При частом соприкосновении рук с бензолом наблюдаются сухость кожи, трещины, зуд, отечность. Бензол опасен при интенсивном контакте с кожей. Цианистый водород оказывает слабое раздражающее действие на кожу. Концентрации 7—12 г/м³ опасны из-за отравления через кожу при пятиминутном воздействии, 22 г/м³ — через 5—10 мин вызывают головокружение, слабость, потерю трудоспособности на 2—3 дня. Однако, установление строгих количественных показателей, определяющих различные уровни кожно-резорбтивных поражений, является весьма сложной самостоятельной задачей. С точки зрения воздействия ОХВ кожа человека представляет собой более неопределенную систему по срав-

нению с органами дыхания. Даже для одного человека степень воздействия ОХВ на различные участки его кожных покровов может отличаться весьма существенно. Кроме того, взаимодействие многих ОХВ с кожей сильно зависит от внешних условий, в частности, от степени ее увлажнения. Для защиты кожных покровов от следующих ОХВ: аммиак, гептил, ГСМ, диоксид серы, кислоты, нитрил акриловой кислоты, оксид этилена, органические растворители, тетраэтилсвинец, фтористый водород, хлор, хлорпикрин, цианистый водород — используются средства дерматологической защиты. Значения поражающих концентраций ОХВ в воздухе для кожных покровов существенно выше, чем для органов дыхания. Наиболее опасным является прямой контакт кожных покровов с жидкой фазой ОХВ. В большинстве случаев при воздействиях высоких концентраций ОХВ и опасности контакта кожных покровов с жидкими ОХВ должны использоваться имеющиеся средства индивидуальной защиты кожи (защитная одежда, перчатки, обувь). При этом защитные мази, пасты, кремы, очистители кожи целесообразно использовать совместно с этими СИЗК в качестве вспомогательных средств. Чрезвычайно большое количество токсических веществ и многообразный характер их биологического действия не позволяет дать исчерпывающую классификацию. Для предварительной оценки степени опасности были проранжированы не только специфичные загрязнители, характерные для деятельности ВС РФ, но вредные вещества, используемые в больших количествах на промышленных предприятиях (табл. 2.16). При этом использовались наиболее значимые показатели, характеризующие опасность химических соединений — токсичность, летучесть и распространенность. Определялся и суммарный индекс по всем показателям.

Таблица 2.16 Оценка степени опасности больших объемов химических веществ

Наименование	Ранговое место			
	по токсичности	по летучести	по распространённости	общее
1. Азотная кислота	18	35	5	6
2. Акролеин	10	28	31	24
3. Аммиак	30	10	1	4
4. Ацетонитрил	31	34	17	38
5. Ацетонциангидразин	12	40	30	40
6. Водород бромистый	20	6	29	14
7. Водород мышьяковистый	9	7	28	10
8. Водород фтористый	16	21	10	7
9. Водород хлористый	29	5	32	25
10. Водород цианистый	8	23	16	6
11. Гидразин	12	39	15	21
12. Диоксид азота	21	22	13	12
13. Диметиламин	27	17	19	16
14. Оксид азота	29	4	26	17
15. Метилакрилат	32	33	25	45
16. Метиламин	33	14	24	34
17. Меилтизоцианат	6	25	27	29
18. Метиловый спирт	37	30	7	31
19. Метил бромистый	30	15	23	30
20. Метилмеркаптан	28	16	31	37
21. Метил хлористый	38	11	22	35
22. Нитрил акриловой к-ты	17	31	18	20
23. Оксид азота (II)	19	3	14	3
24. Оксид углерода	34	1	21	36
25. Оксид этилена	35	19	6	15
26. Серная кислота	22	45	4	27
27. Сернистый ангидрид	24	13	12	9
28. Сероводород	25	8	10	5
29. Сероуглерод	38	26	20	43
30. Соляная кислота (конц.)	34	37	3	33
31. Соляная кислота (конц.)	26	12	11	8
32. Формальдегид	7	18	8	2
33. Фосген	23	29	34	44
34. Фосфор треххлористый	11	36	35	41
35. Фосфора хлороксид	15	2	32	11
36. Фтор	19	9	2	1
37. Хлор	21	38	9	22
38. Хлорпикрин	13	20	33	25
39. Хлорциан	14	42	37	39
40. Этиленамин	18	27	38	42
41. Этиленсульфид	36	24	36	46

Наименование	Ранговое место			
	по токсичности	по летучести	по распространённости	общее
41. Зоман	2	32	23	18
42. Зарин	3	41	21	20
43. Ви-Икс	1	46	20	19
44. Иприт	5	44	24	28
45. Люизит	4	43	22	23

Обобщение результатов исследований свидетельствует, что зона неясных стертых эффектов при действии большинства вредных веществ на организм

лежит в пределах 1—2 ПДК, а превышение ПДК в 3—6 раз приводит к выраженным патологическим проявлениям. В то же время, анализ материалов экспериментального обоснования ПДК 155 химических веществ, для которых установлен порог хронического действия, показал, что зона неясных стертых эффектов значительно шире и в соответствии с коэффициентом запаса ($L_{imch}/\text{ПДК}$), находится в пределах 7-14 ПДК ($13,9 \pm 2,4$ ПДК для веществ 1-го класса опасности; $7,4 \pm 0,43$ — 2-го класса опасности; $7,53 \pm 1,6$ — 3-го класса опасности и $8,8 \pm 1,8$ — 4-го класса опасности). В таблице 2.17 обобщены возможные условия воздействия химических факторов в зависимости от вида и продолжительности действий личного состава.

Список используемой литературы:

1. Исаков В. И. Экология. Военная экология : учебник для высших учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации/ изд. 2, перераб. и доп.- М.- Смоленск: ИД Камертон - Манджента, 2006. - 724 с.

2. Военная экология: Учебник для высших военных учебных заведений / И.П. Айдаров, Б.Н. Бударагин и др. Под редакцией Н.В. Петрухина, А.В. Тарабары, И.А. Постовита. - М.: Изд-во "Русь-СВ", 2000. - С. 6-35.