

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

Утверждено на заседании кафедры  
«Охрана труда и окружающей среды»  
« 26 » \_\_\_\_ 01 \_\_\_\_ 2021 г., протокол № 6\_

Заведующий кафедрой ОТиОС



В.М. Панарин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению практических (семинарских) занятий**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Основы токсикологии»**  
**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы бакалавриата**  
**по направлению подготовки**  
**20.03.01 Техносферная безопасность**  
**с направленностью (профилем)**  
**Инженерная защита окружающей среды**

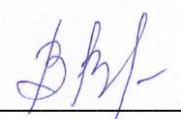
Формы обучения: заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 200301-01-21

Тула 2021 год

## Разработчики методических указаний

Векшина В.А., доцент, канд.биол. наук, доцент  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

# Лабораторная работа № 1

## Оценка воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе

### 1. Общие положения

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определённого качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (об. %): азот – 78,02; кислород – 20,95; углекислый газ – 0,03; аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород – суммарно до 0,94. В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары), оказывающие вредное воздействие на организм человека.

### 2. Нормирование

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация – масса (мг) вещества в единице объёма (м<sup>3</sup>) воздуха при нормальных метеорологических условиях.

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК).

**ПДК** – предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

**ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны** – это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 40 часов в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны производственных помещений является зависимость воздействия загрязняющих веществ, присутствующих в воздухе, на здоровье человека не только от значения их концентраций, но и от продолжительности временного интервала, в течение которого человек дышит данным воздухом. Поэтому для загрязняющих веществ, как правило, установлены два норматива:

- **ПДК<sub>мр</sub>** – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при вдыхании в течение 20–30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.
- **ПДК<sub>сс</sub>** – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределённо долгом (годы) вдыхании.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест нормируют по ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест», а для воздуха рабочей зоны производственных помещений – по ГОСТ 12.1.005.88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» все вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяют на четыре класса опасности:

**I** – чрезвычайно опасные – ПДК менее 0,1 мг/м<sup>3</sup> (свинец, ртуть - 0,001 мг/м<sup>3</sup>);

**II** – высокоопасные – ПДК от 0,1 до 1 мг/м<sup>3</sup> (хлор - 0,1 мг/м<sup>3</sup>; серная кислота - 1 мг/м<sup>3</sup>);

**III** – умеренно опасные – ПДК от 1,1 до 10 мг/м<sup>3</sup> (спирт метиловый - 5 мг/м<sup>3</sup>; дихлорэтан - 10 мг/м<sup>3</sup>);

**IV** – малоопасные – ПДК более 10 мг/м<sup>3</sup> (аммиак - 20 мг/м<sup>3</sup>; ацетон - 200 мг/м<sup>3</sup>; бензин, керосин - 300 мг/м<sup>3</sup>; спирт этиловый - 1000 мг/м<sup>3</sup>).

Согласно требованиям санитарных норм и стандартов ССБТ на предприятиях должен осуществляться контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Там, где применяются высокоопасные вредные вещества первого класса, – непрерывный контроль с помощью автоматических самопишущих приборов, выдающих сигнал при превышении ПДК, а там, где применяются вредные вещества второго, третьего и четвертого классов, - периодический контроль путем отбора и анализа проб воздуха. Отбор проб производят в зоне дыхания в радиусе до 0,5 м от лица работающего; берутся не менее пяти проб в течение смены.

### 3. Порядок выполнения задания

3.1. Переписать форму табл.1.1. на чистый лист бумаги.

Таблица 1.1. Исходные данные и нормируемые значения содержания вредных веществ

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м³				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
		Фактическая	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов				В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
				максимально разовая ≤30 мин	среднесуточная >30 мин				<30 мин	>30 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	Оксид углерода	5	20	5	3	4	0	<ПДК (+)	=ПДК (+)	>ПДК (-)

3.2. Используя нормативно-техническую документацию (табл. 1.2.), заполнить графы 4–8 табл. 1.1.

Таблица 1.2 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м<sup>3</sup>

Вещество	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных пунктов		Класс опасности	Особенности воздействия на организм
		Максимальная разовая ≤30 мин	Среднесуточная; воздействие >30 мин		
Азота диоксид	2	0,085	0,04	2	О*
Азот (II) оксид	5	0,4	0,06	3	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	
Алюминия оксид Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6	-	0,01	2	Ф
Аммиак	20	0,2	0,04	4	
Аммофос	6	2	0,2	4	Ф

Ацетальдегид	5	0,01	-	3	
Бензол	5	0,3	0,1	2	К
Гексан	300	60	-	4	
Дифторметан	3000	20	10	4	
Дихлорэтан	10	3	1	2	
Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	0,01	-	0,0003	1	К
Калий сульфат	10	0,3	0,1	3	
Калий хлорид	5	0,03	0,01	3	
Магний оксид	4	0,4	0,05	4	
Медь дихлорид /по меди/	0,5	0,003	0,001	2	
Метанол	5	1	0,5	3	
Озон	0,1	0,16	0,03	1	О
Пентан	300	100	25	4	
Ртуть	0,005	-	0,0003	1	
Серная кислота	1	0,3	0,1	2	
Сера диоксид	10	0,5	0,05	3	-
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,05	0,001	0,0003	1	
Синтетическое моющее средство "Лоск"	3	0,1	0,06	3	А
Трихлорэтилен	10	4	1	3	
Триэтиламин	10	0,14	-	3	
Углерода оксид	20	5	3	4	О
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	2	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	2	О
Хром (VI) триоксид	0,01		0,0015	1	К
Циклогексан	80	1,4	-	4	
Цинк оксид (в пересчете на цинк)	0,5	-	0,05	2	
Этанол	1000	5	-	4	
Этилацетат	50	0,1	-	4	

**Примечание:** О – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе; А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; К – канцерогены, Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

3.3. Выбрав вариант задания из табл. 1.3 , заполнить графы 1–3 табл. 1.1.

3.4. Сопоставить заданные по варианту (см. табл. 1.3.) концентрации вещества с предельно допустимыми (табл. 1.2.) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9...11 табл. 1.1., т.е. < ПДК, > ПДК, = ПДК, обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «-».

3.5. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

Примечание. В настоящем задании рассматривается только независимое действие представленных в варианте вредных веществ.

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ « ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ»

### 1. *Исходные данные:*

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация, мг/л
№	Азота диоксид	0,5
	Ацетальдегид	0,2
	Бензол	0,05
	Формальдегид	0,01
	Углерода оксид	10
	Этилацетат	0,1

2. *Цель работы:* сопоставить данные по варианту концентрации веществ с предельно допустимыми и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из этих веществ.

### 3. *Ход работы:*

Заполним таблицу, используя исходные данные и данные табл. 1.2.

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
		Фактическая	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов				В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
				максимально разовая ≤30 мин	среднесуточная >30 мин				≤30 мин	>30 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№	Азота диоксид	0,5	2	0,085	0,04	2	0	<ПДК (+)	>ПДК (-)	>ПДК (-)
	Ацетальдегид	0,2	5	0,01	-	4	-	<ПДК (+)	>ПДК (-)	-

Бензол	0,05	5	0,3	0,1	2	К	<ПДК (+)	<ПДК (+)	<ПДК (+)
Формальдегид	0,01	0,5	0,035	0,003	2	О, А	<ПДК (+)	<ПДК (+)	>ПДК (-)
Углерода оксид	10	20	5	3	4	О	<ПДК (+)	>ПДК (-)	>ПДК (-)
Этилацетат	0,1	50	0,1	-	4	-	<ПДК (+)	=ПДК (+)	-

### ***Вывод:***

1. Фактические концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны находится в норме.

2. В воздухе населённых пунктов при времени воздействия менее или 30 минут:

– фактическая концентрация диоксида азота, ацетальдегида и оксида углерода превышают установленные максимально разовые ПДК для данных веществ.

В воздухе населённых пунктов при времени при воздействии свыше 30 минут:

– фактические концентрации диоксида азота, оксида углерода и формальдегида превышают среднесуточные ПДК, установленные для этих веществ.

Следовательно, производство является вредным для людей, проживающих рядом. Необходимо принять соответствующие меры.

## **Лабораторная работа № 2** **Оценка токсичности промышленных ядов**

### **1. Цель и задачи работы**

Ознакомить студентов с основными параметрами, характеризующими степень токсичности и опасности химических веществ в условиях производства, с основными принципами санитарно-эпидемиологических правил, с принципами первичной профилактики по отношению к промышленным ядам.

Освоить методы оценки токсичности и опасности промышленных ядов; ознакомиться с правилами защиты от действия промышленных ядов.

### **2. Общие положения**

#### ***Ориентировочная оценка токсичности веществ по некоторым химическим и физико-химическим свойствам***

Контакт человека с промышленными ядами в условиях производства может приводить к возникновению профессиональных отравлений.

*Острое отравление* - наблюдается редко, возникает внезапно, в основном, при аварийных ситуациях с выделением или выбросом значительного количества вредных веществ. Обычно предшествует различный по продолжительности продромальный период.

*Хроническое отравление* - медленно возникающие отравления при длительной работе в условиях воздействия относительно невысоких концентраций вредных веществ. К хроническим отравлениям ведут яды, обладающие свойством вызывать материальную или функциональную кумуляцию в организме.

Задачами промышленной токсикологии являются всесторонняя токсикологическая характеристика промышленных ядов в условиях острого и хронического воздействия и обоснование предельно допустимых концентраций токсических веществ.

В основе установления последних лежит представление о пороговости действия токсических веществ. Установлено, что токсические эффекты наступают лишь в тех случаях, когда достигается определенная интенсивность воздействия - порог острого или хронического действия. Пороговость действия позволяет устанавливать предельно допустимые концентрации токсических веществ для различных объектов окружающей среды и в том числе для воздуха рабочей зоны промышленных предприятий.

Наличие предельно допустимых концентраций позволяет осуществлять постоянный лабораторный контроль за степенью загрязнения воздуха на промышленных предприятиях, что является важной мерой профилактики острых и хронических профессиональных интоксикаций.

Определение основных токсиметрических параметров позволяет установить степень опасности вредных веществ, используемых в промышленности.

По степени воздействия на организм вредные вещества делятся на четыре класса опасности: 1-й - вещества чрезвычайно опасные; 2-й высокоопасные; 3-й умеренно опасные; 4-й "малоопасные (ГОСТ 12.1.007-76).

Установлено, что биологическое действие веществ зависит от их химического строения и физико-химических свойств.

Наличие связи между химическим строением вещества и его токсикологическим действием важно для промышленной токсикологии, так как, зная химическую структуру вещества, возможно в некоторой степени предвидеть характер его токсического действия. В связи с этим для оценки новых соединений используют сведения о токсичности веществ, сходных по химическому строению и физико-химическим свойствам,

Характеристику вещества начинают с получения сведений о его структурной формуле, физических и физико-химических свойствах (молекулярная масса, температура кипения, упругость пара, растворимость в воде и др.). Из физико-химических свойств в первую очередь принимают во внимание абсолютную летучесть, коэффициенты распределения вода/воздух и масло/вода.

**Абсолютная летучесть** - максимально достижимая концентрация вещества в воздухе при данной температуре. Абсолютная летучесть определяется по формуле:

$$C_{20} = \frac{P \cdot M}{18.3},$$

где  $C_{20}$  - абсолютная летучесть при температуре 20° С, мг/л;

М - молекулярная масса;

Р - давление насыщенного пара (упругость) при температуре 20 °С, мм рт.ст.

Вещества, имеющие высокую летучесть, легко испаряются и создают в воздухе рабочих помещений большие концентрации токсических веществ. Поэтому при возможности выбора



предпочтение отдается менее летучим веществам. Для суждения о непосредственной опасности возникающих концентраций для развития острых отравлений сопоставляют летучесть с величиной средних смертельных концентраций.

Для суждения о накоплении в организме паров и газов, поступающих в кровь через легкие на основе закона диффузии (так называемых нереагирующих), в промышленной токсикологии используется **коэффициент распределения** в системе артериальная кровь/альвеолярный воздух. Последний без большой погрешности может быть заменен коэффициентом растворимости вода/воздух и вычислен по формуле:

$$\lambda = \frac{22,4 \cdot 760 \cdot S \cdot T}{273 \cdot P \cdot M},$$

где  $\lambda$  - коэффициент растворимости вещества в воде;

S – растворимость в воде, г/л;

T- абсолютная температура (273+1);

M - молекулярная масса, г;

P -упругость пара, мм рт.ст.

Вещества, хорошо растворяющиеся в воде, имеют большие значения коэффициента распределения. Эти вещества легко диффундируют из альвеолярного воздуха в кровь, но скорость насыщения артериальной крови до концентраций, максимально возможных при данном содержании вещества в воздухе, для них незначительна. Наоборот, вещества, имеющие малое значение коэффициента распределения, быстро насыщают артериальную кровь и опасны в отношении развития острых отравлений.

Показателем растворимости веществ в жирах и липоидах служит коэффициент распределения масло/вода (Овертон - Мейера).

Неэлектролиты, имеющие высокие значения этого коэффициента (10 и более), проникают через неповрежденную кожу и слизистые оболочки, легко проходят через клеточные мембраны, быстро проникают в клетки и быстро из них выводятся. Их распределение в организме определяется условиями кровоснабжения органов и тканей. Особенно быстро насыщается мозг.

### ***Оценка токсичности веществ в условиях острого воздействия***

Оценка токсичности в условиях острого воздействия проводится путем определения следующих показателей: средних смертельных доз и концентраций, коэффициента возможности ингаляционного отравления, порога и зоны острого действия, изучения раздражающего и кожнорезорбтивного действия.

CL<sub>50</sub> - средняя смертельная концентрация - концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при 2 - 4-часовом ингаляционном воздействии (2 ч - мыши, 4 ч - крысы).

Определение средних смертельных концентраций целесообразно производить не менее чем на двух видах лабораторных животных. Обычно используются белые мыши (масса 18-24 г) и крысы (масса 180-240 г). Затравка производится однократно в камерах при динамической подаче вредного вещества. Каждая концентрация испытывается не менее чем на 6 животных.

Во время затравки регистрируют проявления раздражающего действия, наступление бокового положения, потерю рефлексов при постукивании по бутылки, судороги, наркоз. После двухнедельного срока наблюдения отмечают количество погибших животных.

Расчет средней смертельной концентрации может производиться по методу Першина, позволяющему вычислить CL<sub>50</sub> при разном числе животных в группах и разных интервалах между выбранными дозами:

$$CL_{50} = \frac{\sum [(a+b) \cdot (m-n)]}{200},$$

где  $CL_{50}$ - смертельная концентрация для 50% мышей при ингаляционной затравке, мг/л;  
a, b - величины смежных испытанных концентраций, мг/л;  
m, n - соответствующие этим концентрациям частоты смертельных исходов в процентах.

При расчете по формуле Першина составляется специальная таблица, облегчающая проведение расчетов (см. пример).

**КВИО** - коэффициент возможности ингаляционного отравления - отношение максимально допустимой концентрации вредного вещества в воздухе при температуре 20 °С к средней смертельной концентрации для мышей.

Вычисление КВИО производят по формуле:

$$КВИО = \frac{C^{20}}{CL_{50}},$$

где  $C^{20}$  - абсолютная летучесть при температуре 20° С, мг/м<sup>3</sup>;

$CL_{50}$  - средняя смертельная концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

Вещества, имеющие большое значение КВИО, опасны в отношении развития ингаляционных отравлений.  $DL_{50}$ - средняя смертельная доза при введении в желудок - доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок.

Определение средней смертельной дозы проводят на белых мышах массой 18-24 г. Каждая испытуемая доза вводится 6 белым мышам в чистом виде, в водном растворе или в 0,2 мл рафинированного подсолнечного масла. За 3 ч до опыта мышей лишают корма и вновь дают его через 3 ч после отравления.

Картина отравления регистрируется в течение 2 нед. Вычисление  $LD_{50}$  можно проводить по методу Першина.

**Z** - зона острого действия. Показателем опасности острого отравления может служить зона острого действия, которая определяется как отношение средней смертельной концентрации к порогу острого действия по формуле;

$$Z = \frac{CL_{50}}{Lim_{ac}},$$

где  $CL_{50}$ - средняя смертельная концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$Lim_{ac}$  – порог острого действия - минимальная концентрация, вызывающая изменения биологических показателей на уровне целостного организма при однократном поступлении вещества в организм, мг/м<sup>3</sup>.

При определении порога острого действия используют не менее двух видов животных. Время воздействия для мышей составляет 2 ч, для крыс -4 ч.

Узость зоны острого действия указывает на большую возможность острых отравлений, и, наоборот, чем шире зона острого действия, тем сильнее выражены компенсаторные реакции при действии данного яда и тем ниже потенциальная возможность острых отравлений.

**Оценка кумулятивного действия.** Количественная оценка кумуляции производится на уровне действия смертельных доз путем определения коэффициента кумуляции.  $K_{cum}$  (коэффициент кумуляции) – отношение суммарной средней смертельной дозы, полученной в опыте с повторным введением вещества, к таковой же при однократном введении.

$$K_{cum} = \frac{\sum DL_{50}}{DL_{50}},$$

Обычно затравки производят ежедневно дозами, равными 1/10, 1/20 или 1/50 от  $DL_{50}$ . При этом каждое животное получает суммарно за 4 мес при введении 5 раз в неделю соответственно 10; 5 и 2  $DL_{50}$ , что вполне достаточно

для оценки эффекта кумуляции.

Для оценки величины К можно пользоваться шкалой Л.И.Медведя и соавт. в модификации Е.И.Люблиной. Вещества с выраженным кумулятивным эффектом более опасны в отношении развития хронических отравлений.

### ***Оценка токсичности веществ в условиях хронического воздействия. Обоснование величин предельно допустимых концентраций***

О степени потенциальной опасности возникновения хронических интоксикаций судят по зоне действия ( $Z_{ch}$ ).

**Зона хронического действия** - отношение пороговых концентраций при остром и хроническом воздействиях.

$$Z_{ch} = \frac{Lim_{ac}}{Lim_{ch}},$$

где  $Lim_{ac}$ - пороговая концентрация по интегральному показателю при однократном воздействии, мг/м<sup>3</sup>;

$Lim_{ch}$ - пороговая концентрация по интегральному или специфическому показателю при хроническом воздействии, мг/м<sup>3</sup>.

Если зона хронического действия широка (интервал между  $Lim_{ch}$  и  $Lim_{ac}$  велик), то хронические интоксикации развиваются часто. Широкая зона хронического действия свидетельствует, с одной стороны, о выраженности кумулятивных свойств яда, с другой стороны, является показателем развития компенсаторных реакций организма при воздействии на пороговом уровне.

Гигиеническое нормирование новых химических веществ, внедряемых в производство, производится в несколько этапов. Первоначально устанавливают временные безопасные уровни воздействия (ОБУВ). Расчет ОБУВ производят по физико-химическим константам, показателям острой токсичности или путём интерполяций и экстраполяций в рядах соединений, близких по строению и свойствам. В дальнейшем ОБУВ на основе всестороннего токсикологического изучения вещества заменяют предельно допустимыми концентрациями (ПДК), которые, в свою очередь, корректируются путем сравнительного изучения условий труда на производстве и состояния здоровья работающих.

Основой для обоснования величин ПДК является определение пороговых концентраций, которые устанавливаются в хронических экспериментах на лабораторных животных. Задачей хронического эксперимента является выявление пороговых (минимально действующих) и недействующих концентраций при длительной экспозиции.

Затравка животных производится в специальных затравочных камерах в течение 4 мес. При ежедневном 4-часовом воздействии токсического вещества. Как правило, опыты проводятся на белых крысах, а при выраженных различиях видовой чувствительности и на более чувствительном виде животных.

Для оценки токсического действия применяют разнообразные показатели:

1. Интегральные показатели, отражающие общее состояние организма: оценка функционального состояния центральной нервной системы, изучение работоспособности, функции внешнего дыхания и др.
2. Показатели, выявляющие функциональное состояние отдельных органов и систем, например, показатели функционального состояния печени.
3. Изучение состояния биохимических систем.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) устанавливаются с учетом коэффициента запаса. Коэффициент запаса берётся большим для веществ с высокой токсичностью (малые

средние смертельные и термодинамические концентрации), летучестью, при узких зонах острого действия, при выраженных кумулятивных свойствах и резком кожно-резорбтивном действии.

В настоящее время для воздуха рабочей зоны промышленных предприятий разработаны и утверждены предельно допустимые концентрации 646 веществ.

### 3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

Схема исследования химических веществ, внедряемых в производство, включает следующие основные этапы:

1. Получение информации о физико-химических свойствах и условиях применения изучаемого вещества.

2. Оценка токсичности в условиях острого воздействия (определение средних смертельных доз и концентраций, порога острого действия, коэффициента кумуляции, изучение местного и кожно-резорбтивного действия). Эти данные позволяют составить представление об опасности острых отравлений при воздействии данного яда.

3. Изучение воздействия яда в условиях хронического эксперимента, позволяющее определить пороговые концентрации при длительной экспозиции.

### 4. Задание на работу

1. Дать токсикологическую характеристику веществ на основании физико-химических констант.

### 5. Ход работы

*Экспериментальное определение  $CL_{50}$ .* Изучалось действие винилацетата при 2-часовой ингаляции в концентрациях 5, 10, 15, 20, 25 и 30 мг/л. Действие каждой концентрации было изучено на 6 белых мышах. В результате воздействия указанных концентраций соответственно погибли 3, 4,

5, 6, 6 и 6 животных. По ходу опыта отмечено сильное раздражающее и наркотическое (боковое положение животных) действие вещества,

Винилацетат представляет собой виниловый эфир уксусной кислоты. Наличие двойных связей позволяет предполагать раздражающее действие на кожу, слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Последнее подтверждается картиной острого отравления.

$$C_{20} = \frac{M \cdot P}{18.3} = \frac{86 \cdot 100}{18.3} = 415 \text{ мг / л}$$

показывает, что винилацетат обладает высокой способностью к испарению. Максимальная концентрация при температуре 20° С в производственных условиях может составить 425 мг/л.

Для характеристики условий проникновения вещества в организм определяем его коэффициент растворимости:

$$\lambda = \frac{22.4 \cdot 760 \cdot S \cdot T}{273 \cdot P \cdot M} = \frac{22.4 \cdot 760 \cdot 25 \cdot (273 + 20)}{273 \cdot 100 \cdot 86} = 51.5$$

Относительно низкое значение коэффициента  $\lambda$  свидетельствует о том, что пары винилацетата быстро насыщают кровь до концентраций, максимально возможных при

данном содержании вещества в воздухе. Быстрое насыщение крови обуславливает при значительном загрязнении воздуха винилацетатом возможность развития острых отравлений.

Коэффициент распределения масло/вода ( $K = 0,0025$ ) показывает, что винилацетат обладает способностью растворяться в жирах и липоидах, вследствие чего проходит через неповрежденную кожу и слизистые оболочки.

Величину  $CL_{50}$  рассчитываем по результатам острого опыта, используя метод Першина, для чего составляется специальная таблица (таблица 1):

Таблица 1.

Испытанные концентрации, мг/л		5	10	15	20	25	30
Погибшие мыши (из 6)	Число	3	4	5	6	6	6
	%	50,0	66,6	83,3	100	100	100
$a + b$		15	25	35	45	55	
$m - n$		16,6	16,7	16,7	0	0	
$(a + b) \cdot (m - n)$		249	415	581	0	0	

$$\sum [(a + b) \cdot (m - n)] = 249 + 415 + 518 = 1245$$

$$CL_{50} = \frac{1245}{200} = 6,2 \text{ мг / л.}$$

Определяем коэффициент возможности ингаляционного отравления и зону острого действия:

$$КИВО = \frac{C^{20}}{CL_{50}} = \frac{415}{6,2} = 66;$$

$$Z_{ac} = \frac{CL_{50}}{Lim_{ch}} = \frac{6,2}{0,25} = 24,8$$

Величина КВИО лежит в пределах регламентов для веществ, относящихся ко 2-му классу опасности. Однако величина этого показателя приближается к его значениям для веществ 3-го класса. По величинам средней смертельной концентрации, зоны острого действия винилацетат должен быть отнесен к 3-му классу умеренно опасных соединений.

Расчет зоны хронического действия:

$$\left\{ Z_{ch} = \frac{Lim_{ac}}{Lin_{ch}} = \frac{0,25}{0,05} = 5 \right\}$$

показывает, что винилацетат обладает той же мерой токсичности и в отношении развития хронических интоксикаций.

ПДК винилацетата ( $10 \text{ мг/м}^3$ ) также находится в пределах нормативов для веществ 3-го класса (см.ГОСТ).

Таким образом, определение токсикометрических параметров позволяет отнести винилацетат по степени воздействия на организм к 3-му классу опасности и охарактеризовать его как соединение умеренно опасное в отношении возможности развития как острых, так и хронических интоксикаций.

## 6. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Общие теоретические сведения
2. Методику проведения измерений

Расчет токсикологических характеристик вещества в соответствии с заданием (таблица 2).  
Дать токсикологическую характеристику винилацетата, по физико-химическим константам ( $M$ ;  $t_{\text{кип}}$ ;  $P$ , мм рт.ст.;  $S$ , г/л;  $\text{Lim}_{\text{ас}}$ ;  $\text{Lim}_{\text{х}}$ , ПДК, мг/м<sup>3</sup>;  $K=0,025$  даны в таблице) и результатам экспериментального определения  $\text{CL}_{50}$  минимальной концентрации при ежедневной 4-часовой ингаляции в течение 4 месяцев.

Таблица 2.

№ вариант а	$M$ , молекул. масса	$P$ , давление нас. пара	$t_{\text{кип}}$ , температура кипения	$S$ , растворимость	$\text{Lim}_{\text{ас}}$ , порог острого действия	$\text{Lim}_{\text{х}}$ , порог хронич. действия	ПДК в-в в воздухе раб. зоны	Количество погибших мышей
1	90	110	80	20	0,30	0,04	8	2,3,4,5,6,6
2	87	100	77	28	0,25	0,04	9	2,3,4,5,6,6
3	90	110	80	20	0,30	0,04	8	3,4,5,6,6,6
4	88	110	70	26	0,28	0,04	9	3,4,5,6,6,6
5	92	110	80	26	0,24	0,03	7	2,3,4,5,6,6
6	90	100	78	25	0,26	0,05	9	3,4,5,6,6,6
7	92	120	75	24	0,27	0,06	10	3,4,5,6,6,6
8	82	120	75	26	0,27	0,03	10	3,4,5,6,6,6
9	92	110	80	26	0,24	0,03	7	2,3,4,5,6,6
10	82	100	72	25	0,28	0,03	5	3,4,5,6,6,6
11	88	110	70	26	0,28	0,04	9	2,3,4,5,6,6
12	82	100	75	28	0,26	0,05	5	1,2,3,4,5,6

## 7. Список использованных источников

1. Бадюгин И.С. Экстремальная токсикология: практическое руководство. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. -416с.
2. Лошадикин Н.А. Военная токсикология: учебник для мед.вузов.- М.:Медицина, 2006.- 208с.

## Лабораторная работа № 3

### Работа по расчету выделений загрязняющих веществ от склада горюче-смазочных материалов и участка зарядки аккумуляторов

#### 1. Цель и задачи работы

Освоить методики расчета выделений загрязняющих веществ.

Провести расчет выделений загрязняющих веществ от

- склада горюче-смазочных материалов (ГСМ),
- участка зарядки аккумуляторов.

#### 2. Общие положения

##### *Расчет выбросов загрязняющих веществ от склада ГСМ*

На территории любого предприятия, имеющего транспорт, располагается склад горюче-смазочных материалов (ГСМ). Хранение бензина, дизельного топлива и моторного масла осуществляется в цистернах, укрепленных над землей или в подземных емкостях.

Загрязняющим веществом на территории склада ГСМ являются пары углеводородов (СН).

Валовый выброс углеводородов ( $M_{CH}$ ) определяется по формуле:

$$M_{CH} = (n_1' m_1' + n_1'' m_1'' + n_5' m_5' + n_5'' m_5'') \cdot 10^{-3}, \text{ г/год} \quad (1)$$

где  $n_1', n_1''$  - нормы естественной убыли нефтепродуктов первой группы при приемке, хранении и отпуске в осенне-зимний и весенне-летний периоды, кг/т;

$m_1', m_1''$  - количество нефтепродуктов первой группы, реализуемых в каждый период, т;

$n_5', n_5''$  - нормы естественной убыли нефтепродуктов пятой группы при приемке, хранении и отпуске в осенне-зимний и весенне-летний периоды, кг/т;  $m_5', m_5''$  - количество нефтепродуктов пятой группы, реализуемых в каждый период, т.

Максимально разовый выброс углеводородов  $G_{CH}$  определяется только в весенне-летний период при сливе нефтепродуктов первой группы из автоцистерны в резервуар по формуле:

$$G_{CH} = \frac{C_1 \cdot V}{t_{CL, K}}, \quad \text{г/с} \quad (2)$$

где  $C_1$  - концентрация углеводородов в выбросах газовой смеси при заполнении резервуара в весенне-летний период нефтепродуктами первой группы,  $C_1 = 200 \text{ г/м}^3$ ;

$V$  - количество топлива,  $\text{м}^3$ ;

$t_{CL}$  - время слива, с.

Слив с помощью насоса –  $t_{CL1}$ , слив самотеком –  $t_{CL2}$ .

### **Расчет выброса загрязняющих веществ от аккумуляторного участка**

При зарядке аккумуляторных батарей максимальное количество загрязняющих веществ выделяется в конце заряда.

Для расчета выбросов серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) на аккумуляторном участке используется удельное выделение аэрозолей серной кислоты.

Валовый выброс серной кислоты рассчитывается по формуле:

$$M_i^A = 0,9 \cdot g (Q \cdot q_1 + Q_2 \cdot q_2 + \dots + Q_n \cdot q_n) \cdot 10^{-6}, \text{ (кг/год)} \quad (3)$$

где  $g$  - удельное выделение серной кислоты, равное  $1 \frac{\text{мг}}{\text{А} \cdot \text{ч}} \left( \frac{\text{мг}}{\text{ампер} \cdot \text{час}} \right)$ ;

$Q_i$  - номинальная емкость каждого типа аккумуляторных батарей, А·ч;

$q_i$  - количество проведенных зарядов батарей соответствующей емкости за год.

Расчет максимально разового выброса серной кислоты производится исходя из условий, что мощность зарядных устройств используется с максимальной нагрузкой.

Валовый выброс за день:

$$\dot{M}_{\text{вс}}^A = 0,9 \cdot g \cdot (Q \cdot n') \cdot 10^{-6}, \text{ (кг/день)} \quad (4)$$

где  $Q$  - номинальная емкость наиболее емких аккумуляторных батарей;

$n'$  - количество батарей, которые можно одновременно подключить к зарядному устройству.

Максимально разовый выброс серной кислоты определяется по формуле.

$$G_{\text{РАЗ}}^A = \frac{M_{\text{СУТ}}^A \cdot 10^3}{3600 \cdot t}, \text{ г/с} \quad (5)$$

где  $t$  - цикл проведенных зарядок в день,  $t = 10$  часов.

Кроме того, при разборке и сборке аккумуляторных батарей используют битумную мастику, при разогреве которой выделяется аэрозоль масла. При отливке свинцовых клемм и межэлементных соединений выделяется свинец.

Валовый выброс масляного тумана и свинца определяется по формуле:

$$M_i^A = m_i \cdot t \cdot S \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ (кг/год)} \quad (6)$$



где  $m_i$  - удельный выброс  $i$ -го вещества на единицу площади зеркала тигля,  $n$  - количество разогревов тигля в год;

$S$  - площадь зеркала тигля, в котором плавится свинец (битумная мастика),  $m^2$ ;

$t$  - время нахождения свинца (мастики) в расплавленном виде в тигле при этом разогреве, (час).

Максимально разовый выброс рассчитывается по формуле:

$$G_i^A = m_i \cdot S, \text{ г/с} \quad (7)$$

### 3. Объекты исследования

Объектами исследования являются автозаправочные посты предприятий и их аккумуляторные участки. Задания сформированы на основании полученных данных обследований.

### 4. Задание на работу

Для выполнения расчетов выбросов загрязняющих веществ необходимо использовать данные таблиц 1 и 2.

Таблица 1.

№ варианта	№ типа цистерны	Наименование нефтепродукта	Количество нефтепродуктов в периоды (т)		Тип резервуара
			Осенне-зимний	Весенне-летний	
1	1	Бензин автомобильный.	470	516	Наземный стальной
		Дизтопливо	316	723	Наземный стальной
2	2	Бензин автомобильный	325	519	Наземный стальной с понтоном
		Дизтопливо	622	206	
3	3	Бензин автомобильный	226	398	Заглубленный
		Дизтопливо	428	307	Заглубленный
4	4	Бензин автомобильный	426	327	Наземный стальной с понтоном
		Дизтопливо	286	405	
5	1	Бензин автомобильный	196	657	Заглубленный
		Дизтопливо	207	468	Заглубленный
6	2	Бензин автомобильный	297	316	Наземный стальной
		Дизтопливо	468	504	Наземный стальной

Таблица 2.

t = № варианта (час работы)					
№ варианта	Марка аккумулятора	Количество Зарядов в год, $a_i$	Количество батарей, присоединяемых одновременно к зарядному устройству	Площадь зеркала тигля, $m^2$ S	Количество разогревов тигля в год n
1	СТ-60	4	6	0,03	110
	СТ-180	5	6	0,04	160
	СТ-132	6	6	0,02	180
2	СТ-90	2	6	0,01	120
	СТ-132	6	6	0,02	160
	СТ-75	6	6	0,03	140
3	СТ-90	4	6	0,02	180
	СТ-180	6	6	0,02	160
	СТ-60	6	6	0,04	110
4	СТ-90	2	6	0,02	120
	СТ-132	6	6	0,01	110
	СТ-180	6	6	0,02	160
5	СТ-60	7	7	0,03	140
	СТ-132	6	7	0,02	120
	СТ-75	5	7	0,04	160
6	СТ-75	4	7	0,03	120
	СТ-60	7	7	0,02	140
	СТ-90	5	7	0,04	180

#### 4. Ход работы

Для проведения расчетов выделений загрязняющих веществ необходимо воспользоваться данными из нижеприведенных таблиц:

Таблица 3.

#### Распределение нефтепродуктов по группам

Группа	Наименование нефтепродукта
--------	----------------------------

1	Бензин автомобильный, ГОСТ 2084-77 Бензин автомобильный АИ-96 «Экстра», ОСТ 38019-75
5	Масло АМГ-10 (МГ-15В) ГОСТ 6794 - 75 Топливо дизельное кроме «Зимнего» и «Арктического», ГОСТ 305-83 Топливо моторное для <del>среднеоборотных и малооборотных дизелей ГОСТ 1667-68 Топливо дизельное</del>
3	Керосин
6	Масло моторное

Таблица 4.

Значения  $V$  и  $t_{сл1,2}$  для автомобилей-цистерн (АЦТСВ) и прицепов-цистерн (ПЦ), предназначенных для перевозки нефтепродуктов:

1	АЦ-4,2-53 А	$V = 4,2 \text{ м}^3$	$t_{сл1} = 600 \text{ с.}$	$t_{сл2} = 1020 \text{ с.}$
2	АЦ-4, 2-130	$V = 4,2 \text{ м}^3$	$t_{сл1} = 600 \text{ с.}$	$t_{сл2} = 1020 \text{ с.}$
3	ТСВ-6	$V = 6,5 \text{ м}^3$	$t_{сл1} = 900 \text{ с.}$	$t_{сл2} = 1260 \text{ с.}$
4	ПЦ-5,6-817	$V = 5,6 \text{ м}^3$	$t_{сл1} = 900 \text{ с.}$	$t_{сл2} = 1200 \text{ с.}$

Таблица 5.

Распределение территорий РСФСР по климатическим зонам для применения норм естественной убыли

Климатическая зона	<u>Край, область</u>
2	Тульская, Рязанская, Московская, Ленинградская, Смоленская, Калужская, Орловская и др.

Таблица 6.

Нормы естественной убыли нефтепродуктов при приемке, хранении, отпуске на АЗС (кг/т)

Осенне-зимний (1.10 - 31.03)      Весеннее летний  
(1.04 - 0.09)

Тип резервуара	Группа нефте-продуктов	Климатическая зона					
		1		2		3	
		осенне-зимний период	весенне-зимний период	осенне-зимний период	весенне-зимний период	осенне-зимний период	весенне-зимний период
Наземный стальной	1	0,36	0,6	0,54	0,99	0,72	1,06
	5	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Наземный стальной с подогревом	1	0,15	0,3	0,27	0,4	0,4	0,56
Заглубленный	1	0,23	0,3	0,36	0,4	0,48	0,56
	5	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02

Таблица 7.

Значения времени слива для автоцистерн различных марок

Тип автоцистерн	Объем топлива, м <sup>3</sup> V	Время слива, с	
		Слив с насосом	Слив самотеком
		t <sub>сл1</sub> ,с	t <sub>сл2</sub> ,с
АЦ-4,2-53 А	4,2	600	1020
АЦ-4,2-130	4,2	600	1020
ТСВ-6	6,5	900	1560
ПЦ-5,6-817	5,6	-	1200

Таблица 8.

Удельные показатели загрязняющих веществ при ремонте аккумуляторных батарей (на единицу площади юркала, тигра  $\frac{г}{с} \cdot м^2$ )

Наименование технического	Применяемые материалы	Температура, °С	Выделяемое загрязняющее вещество	
			наименование	Удельное количество, мг, $\frac{г}{с \cdot м^2}$

Восстановление (отливка) межэлементных перемычек и	Расплав свинца	300 - 500	Свинец	0,0013
Приготовление битумной мастики для ремонта корпусов	Расплав мастик	100-150	Масло минеральное нефтяное (масляный	0,003

## 6. Содержание отчета

Отчет содержит:

1. Теоретическую часть;
2. Расчеты выделений загрязняющих веществ от обследованных участков в соответствии с заданием;
3. Выводы с указанием количества загрязняющих веществ.

### Пример расчета.

1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от склада ГСМ.

1.1. Определение валового выброса углеводородов ( $M_{CH}$ ) :

$$M_{CH} = (0,54 \cdot 297 + 0,99 \cdot 468 + 0,03 \cdot 316 + 0,03 \cdot 594) \cdot 10^{-3} = (160,38 + 463,32 + 9,48 + 17,82) \cdot 10^{-3} = 651 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}$$

1.2. Определение максимально-разового выброса углеводородов  $G_{CH}$ :

$$G_{CH} = \frac{200 \cdot 4,2}{600} = 1,4 \text{ г/с}$$

2. Расчет выброса загрязняющих веществ от аккумуляторного участка.

2.1. Определение валового выброса серной кислоты:

$$\dot{I}_i^A = 0,9 \cdot 1 \cdot (75 \cdot 4 + 60 \cdot 7 + 90 \cdot 5) \cdot 10^{-6} = 0,9 \cdot (300 + 420 + 450) \cdot 10^{-6} = 1053 \cdot 10^{-6} \text{ кг/год}$$

2.2. Определение валового выброса за день:

$$\dot{I}_{\text{по}}^A = 0,9 \cdot 1 \cdot (90 \cdot 7) \cdot 10^{-6} = 567 \cdot 10^{-6} \text{ кг/день}$$

2.3 Определение максимально-разового выброса серной кислоты:

$$G_{D\Delta C}^A = \frac{567 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{3600 \cdot 10} = 0,016 \cdot 10^{-3} \text{ г/с}$$

2.4. Определение валового выброса масляного тумана и свинца:

$$\dot{I}_i^A = 0,0013 \cdot 5 \cdot 0,03 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 0,0234 \cdot 10^{-3} \text{ кг/год}$$

$$\dot{I}_i^A = 0,003 \cdot 3 \cdot 0,03 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 0,0324 \cdot 10^{-3} \text{ кг/год}$$

2.5. Определение максимально-разового выброса масляного тумана и свинца:

$$G_i^A = 0,0013 \cdot 0,03 = 0,000039 \text{ г/с}$$

$$G_i^A = 0,003 \cdot 0,03 = 0,00009 \text{ г/с}$$

## **7. Список использованных источников**

- 1.Хоружая Т. А. Методы оценки экологической опасности. Учебно-справочное пособие. М., Контур, 1998 – 224 с
- 2.Кульчицкий Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Уч. для ВУЗов. Владимир, 2000 – 254 с.
- 3.Пивоваров Ю. П. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене и основам экологии человека. Уч. пос. М., 1998 , - 380 с.