

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**БЗ.В.ДВ.7 «Экотоксикология»**

**Направление подготовки "Экология и природопользование"**

**Профиль образовательной программы "Экология"**

**Форма обучения очная**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1 Конспект лекций</b>	<b>3</b>
<b>2 Методические указания по выполнению лабораторных работ</b>	<b>40</b>
<b>3 Методические указания по проведению практических занятий</b>	<b>45</b>

## 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### 1.1 Лекция № 1 ( 4 часа).

**Тема:** «Введение в дисциплину»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Предмет и задачи экотоксикологии.
2. Объекты экотоксикологии.
3. Связь с другими науками.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Предмет и задачи экотоксикологии.

Общепринятого определения науки токсикологии в настоящее время не существует. Самым простым является, непосредственно вытекающее из ее названия: от греч. toxoson-яд и logos-учение, токсикология- наука о ядах и отравлениях.

Объектом воздействия химических веществ могут быть самые разные организмы- растения, животные, человек, и сложные биологические системы- популяции, биоценозы. В связи с химизацией сельского хозяйства, увеличением применения химических веществ в животноводстве, усилением охраны окружающей среды и продуктов питания от загрязнений значительно расширились задачи ветеринарной токсикологии. Ветеринарная токсикология- область ветеринарной медицины, изучающая законы взаимодействия организма животного и яда. Она решает следующие задачи:

1. Токсикологическая оценка химических материалов, применяемых в животноводстве; консервантов кормов, премиксов, дезинфектантов, антисептиков, ветеринарных лекарственных средств и новых пестицидов.
2. Изучение путей поступления, метаболизма яда в организме, проявлений интоксикаций и других форм токсического процесса, механизмов действия ядов; накопление ядов в органах и тканях животных; выделение с молоком и яйцом, их действие на организм животных, птиц, рыб, пчел.
3. Разработка методов диагностики, лечения и профилактики токсических процессов животных, птиц, рыб, пчел.
4. Установление факторов, влияющих на токсичность вещества (особенности биологического объекта, особенности свойств токсиканта, особенности их взаимодействия, условия окружающей среды).
5. Установление максимально допустимых уровней остаточных количеств (МДУ) пестицидов и других токсических веществ в кормах и продуктах питания, разработка методов их анализа и проведение на этом основании ветеринарно-санитарной оценки продуктов животноводства, кормов.

6. Охрана окружающей среды.

#### 2. Объекты экотоксикологии.

Яд (лат.Venenum). В роли яда может оказаться практически любое химическое соединение, попавшее в организм в количестве, способном вызвать нарушение жизненно важных функций и создать опасность для жизни.

Предполагая это универсальное свойство химических веществ, знаменитый врач средневековья Парацельс (1493-1541) считал, что: «Все есть яд! Ничто не лишено ядовитости. Яд делает незаметным только доза!» Или: яд от лекарства отличается только дозой.

Многие химические вещества, поступившие в организм в оптимальной дозе, приводят к восстановлению нарушенных какой либо болезнью функций организма, проявляя при этом свои лечебные свойства. Другие соединения являются составной частью живого организма (белки, жиры, углеводы и т.д.), поэтому для проявления их токсических свойств нужны особые условия. Чаще токсический процесс вызывают чуждые живому организму вещества- «ксенобиотики» (xenos-чужой). Некоторые

вещества, находясь в определенном количестве и состоянии в среде обитания или внутренней среде животного организма, являются обязательным условием их существования, например микроэлементы (серебро, селен и т.д.). Таким образом, одно и то же химическое вещество может быть ядом, лекарственным и необходимым для жизни средством в зависимости от ряда условий, при которых оно встречается и взаимодействует с организмом.

В настоящее время существуют два определения яд:

Юридическое: Яд - химическое сильнодействующее вещество, внесенное в законодательный список «А», способное в повышенных дозах вызвать заболевание или смерть, а поэтому подлежит особому хранению, учету, применению.

Биологическое: Яд - это всякое химическое вещество, которое при соприкосновении с живым организмом в определенных условиях среды обитания и в определенном количестве способно оказывать повреждающее влияние на живые организмы, вплоть до их гибели.

Яды, как известно из истории, применяются давно. Люди использовали соки ядовитых растений для смазывания наконечников стрел в борьбе с хищными животными и для охоты. В настоящее время яды широко применяются в ветеринарной медицине, например: дигоксин, строфантин, атропин и другие.

Отравление или интоксикация - болезнь химической этиологии, которая является одной из форм токсического процесса.

Токсический процесс – формирование и развитие реакций биосистемы на действие яда или токсиканта, приводящих к ее повреждению или гибели. Кроме отравления различают и другие формы токсического процесса:

Транзиторные токсические реакции - быстро проходящие, не угрожающие здоровью состояния (раздражения слизистых оболочек). Они являются следствием только острого действия токсикантов.

Аллобиотические состояния - изменения чувствительности организма к различным факторам (инфекциям, радиации, стрессам и др.), наступающие под воздействием токсиканта. Это иммуносупрессия, аллергизация организма, фотосенсибилизация кожи, постинтоксикационные астении.

Специальные токсические процессы - это процессы имеющие скрытый период при действии токсиканта, чаще в сочетании с дополнительными факторами (канцерогенез, тератогенез). Они формируются как результат острого, подострого, но чаще хронического воздействия веществ.

Токсичность – внутренне присущая химическому веществу способность оказывать вредное действие, которое проявляется только при взаимодействии с живыми организмами. Токсичность - понятие количественное, при этом измерению подлежат биологический эффект, формирующийся в результате действия яда, и доза (концентрация), в которой он вызывает повреждения различной степени. Наиболее объективна оценка токсичности по смертельному эффекту. Токсичность зависит от пути проникновения ядов в организм, возраста, пола, вида, условий его обитания и других факторов. Токсичность вещества тем больше, чем меньше его количество вызовет расстройство жизнедеятельности организма.

Под опасностью понимают вероятность проявления химическим веществом своих токсических свойств в определенных условиях.

Степень опасности любого вещества определяет его доза, которую определяют опытным путем на лабораторных животных. Количество вещества, попавшее во внутренние среды организма и вызвавшее токсический эффект, называется токсической дозой (D).

Основными параметрами токсикометрии являются:

Доза  $Lim\ ac$  - это минимальная пороговая доза токсиканта, выраженная в мг/кг при однократном введении внутрь, внутривенно, подкожно или внутримышечно,

вызывающая у животных нарушения жизнедеятельности организма, выходящие за пределы приспособительных физиологических реакций, или порог однократного действия. Это наименьшее количество вещества, вызывающее изменения в организме.

LD0 - максимально переносимая доза токсиканта, выраженная в мг/кг, при однократном оральном, подкожном или внутрибрюшинном введении вызывающая токсический эффект без летального исхода в течение двух недель.

LD50 - среднесмертельная доза токсиканта в мг/кг, вызывающая гибель 50 % подопытных животных при однократном, определенном способе введения (внутрь, под кожу и т.д. кроме ингаляции) в течение двух недель последующего наблюдения.

LD100 - абсолютно смертельная доза токсиканта в мг/кг, вызывающая гибель всех животных при однократном оральном, внутрибрюшинном или подкожном введении при наблюдении в течение двух недель.

CL50 и CL100 - это токсическая концентрация веществ в воздухе, выраженная в мг/м<sup>3</sup>, вызывающая гибель соответственно 50% и 100% подопытных животных при температуре +20<sup>0</sup>C и экспозиции 2 часа при ингаляционном воздействии. Так же для характеристики токсичности веществ, действующих в виде пара, газа или аэрозоля используют величину обозначаемую как токсодоза (W).  $W = C \cdot t$ , и выражается в мг·мин/м<sup>3</sup>.

ПДК - предельно допустимая концентрация токсиканта в воздухе, воде, почве выраженная в мг/м<sup>3</sup>, мг/л, мг/кг не вызывающая токсических явлений у подопытных животных, т.е. не влияет токсически на здоровых животных и человека. Определяется экспериментально.

МДУ - максимально допустимый уровень токсикантов в продуктах питания и кормах, выраженный в мг/кг, который при поступлении в организм на протяжении жизни не вызывает токсического процесса.

Время ожидания (срок ожидания) - это время, в течение которого ксенобиотик распадается во внешней среде или в организме животного до ПДК или МДУ, то есть время между последней обработкой пестицидом и уборкой урожая или обработкой животных и убоем на мясо или употреблением молока в пищу людям.

### 3. Связь с другими науками.

Задачи, которые решает ветеринарная токсикология и определяют ее роль в подготовке врача ветеринарной медицины.

Экотоксикология изучает отравления и решает задачи с привлечением многих наук - фармакологии, биохимии, аналитической химии, клинической диагностики, терапии, эпизоотологии, патологической анатомии, ветеринарно-санитарной экспертизы, микробиологии, ботаники.

## 1.2 Лекция № 2 ( 4 часа).

**Тема:** Загрязнение окружающей среды. Глобальные проблемы экологии.

### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Глобальные проблемы экологии
2. Особенности взаимодействия общества и природы на современном этапе развития человечества.
3. Формы воздействия человека на природу.
4. Экологические кризисы: причины и последствия.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Глобальные проблемы экологии

Безудержный экономический рост и техногенный тип мирового хозяйства привели к возникновению глобальных экологических проблем: опустыниванию, обезлесению, истощению природных ресурсов, разрушению озонового слоя, парниковому эффекту, кислотным дождям, дефициту пресной воды, загрязнению Мирового океана,

исчезновению видов животных и растений, деградации земель и др. Все эти проблемы так или иначе связаны с будущим человеческой цивилизации.

Природа в целом сама по себе не знает экологических проблем в их сегодняшнем понимании. Если они и возникали у некоторых групп организмов в связи с изменениями природных условий, то решались, как правило, эволюционным путем, на протяжении больших промежутков времени, при этом замена одних форм другими для всей природы не становилась критичной. Во всяком случае, наука не знает примеров, когда бы появление, эволюция или исчезновение одного вида организмов оказывали влияние на судьбу биосферы в целом. Напротив, экологические проблемы человечества стали весьма существенными проблемами всей природы на Земле.

2. Особенности взаимодействия общества и природы на современном этапе развития человечества.

Масштабы антропогенного воздействия на природу и окружающую человека среду в XX в. стали слишком велики и приблизились к пределу устойчивости биосферы, а по некоторым параметрам и превзошли его. Проявления и свидетельства этого многообразны:

резкое сокращение площади ненарушенных природных сообществ, их существенная деградация на остальной площади суши, уменьшение биологического разнообразия нарушают природные потоки вещества и энергии, вызывают необратимое количественное и качественное обеднение биосферы;

потребление и изъятие человеком возобновимых природных ресурсов (пресной воды, почвы, биомассы и продукции растений) достигло критической скорости или превысило темпы их естественного воспроизводства;

отходы человеческого хозяйства загрязняют среду, так как они содержат множество материалов, не утилизируемых в природных круговоротах; загрязнение ведет к деформации окружающей среды, неблагоприятным геоклиматическим изменениям, создает угрозу здоровью людей, вызывает деградацию экосистем;

на потоках вещества и энергии в природе стала сказываться существенная разомкнутость антропогенного круговорота веществ; появились признаки нарушения биосферного равновесия, ослабления средообразующей и средорегулирующей функций биосферы;

в XX в. резко сократились и продолжают быстро уменьшаться запасы невозобновимых, главным образом минеральных и топливных, ресурсов; это, в свою очередь, создает серьезные экономические проблемы.

В геологической истории Земли и раньше происходили значительные изменения растительного покрова, биомассы и продуктивности биоты, ландшафтной структуры суши, химического состава атмосферы и климата (например, при чередовании ледниковых и межледниковых периодов). Негативное воздействие человека на природу также имеет длительную историю. Но никогда еще эти изменения и нарушения не имели такой качественной структуры и не происходили с такой быстротой, как в наше время. Все это означает наступление глобального антропогенного экологического кризиса.

Природа отвечает на возрастающее антропогенное давление часто непредвиденными изменениями, создающими экологическую опасность:

антропогенное преобразование ландшафтов и загрязнение среды нередко имеет неконтролируемое последствие, приводящее к возникновению зон повышенного экологического риска, экологических бедствий и экономических потерь;

избирательное воздействие на отдельные виды микроорганизмов, растений или животных, исключение этих организмов из природных сообществ вызывает неконтролируемые цепные реакции, которые затрагивают многие виды, нарушают устойчивость экосистем и ведут к разрушению многих из них;

химическое и радиационное загрязнение среды ускоряет процессы мутагенеза и приводит к появлению новых биологических форм, обладающих повышенной устойчивостью, адаптивностью, а иногда и весьма опасными для человека свойствами.

Ответы природы относятся непосредственно и к природе человека.

### 3. Формы воздействия человека на природу.

Человек оказался в ловушке противоречия между своей консервативной биологической сущностью и нарастающим отчуждением от природы. Оставаясь представителем живой природы, человек сделался ее жестоким эксплуататором. Используя изобретенные им технологии и средства жизнеобеспечения, человек в большой мере освободился от давления естественного отбора и межвидовой конкуренции. Он на несколько порядков превысил свою биологическую видовую численность и еще в десятки раз - объем использования веществ и энергия для удовлетворения своих надбиологических потребностей.

Экспоненциальный рост численности вида *Homo sapiens* отнюдь не связан с повышением его биологического качества. Наоборот, человечеству как биологическому виду в целом присущи совершенно немыслимые для диких животных: груз наследственных заболеваний, наследственная предрасположенность к болезням, низкий иммунно-биологический статус, возрастная хронизация болезней. Проблемы экологии человека все больше становятся проблемами здравоохранения.

Человечество XX века приобрело черты цивилизации потребления, экономика которой поддерживается преимущественно за счет диктата предложения и провоцирования большого числа второстепенных, факультативных (необязательных) потребностей. Именно их удовлетворение ведет в основном к избыточной техногенной нагрузке на природу и окружающую человека среду. Экологические проблемы человечества тесно сопряжены с экономическими и социальными. Региональные экологические проблемы во многих случаях становятся источником экономического неравенства, социальных и геополитических коллизий.

### 4. Экологические кризисы: причины и последствия.

Экологический кризис - обратимое критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека и отражающее несоответствие развития производительных сил и производственных отношений.

На вопрос, насколько опасна современная экологическая ситуация, даже ученые отвечают по-разному. Их мнение можно разделить на 3 принципиально различные позиции:

1. Современная ситуация представляет глобальный экологический кризис, который может вскоре привести к катастрофе (Н.Ф. Реймерс, Н.Н. Моисеев, В.А. Зубаков, Б. Коммонер, А. Печчеи и т.д.). Сторонники ее полагают, что кризису, в который мы только еще вступаем, есть аналог в прошлом. Большинство считает таковым позднелепелитический кризис, что позволяет неолитическую революцию принимать за некий прототип искомому выходу из глобального экологического кризиса (ГЭК).

2. Мир уже вступил в глобальную экологическую катастрофу (базируется на исследованиях В.Г. Горшкова и поддерживается и развивается К.Я. Кондратьевым, К.С. Лосевым, В.П. Казначеевым и др.). По их мнению: «Сейчас мы живем в период развивающейся глобальной экологической катастрофы, обусловленной хозяйственной деятельностью человечества, которое в считанные десятилетия нарушило баланс, поддерживающийся биосферой млрд. лет...»

3. На данный момент никакого глобального экологического кризиса нет, есть лишь локальные (А.О. Бринкен, С.Б. Лавров, Ю.П. Селиверстов).

## 1.3 Лекция № 3 (2 часа).

**Тема:** Типы загрязнений.

### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Тяжесть воздействия загрязняющих веществ.

2. Масштабы загрязнения.
3. Источники загрязнения.

### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Тяжесть воздействия загрязняющих веществ.

Загрязняющее вещество - вещество или смесь веществ, количество и/или концентрация которых:

- превышают нормативы, установленные для химических и иных веществ, а также для микроорганизмов;
- оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Токсичность - свойство химических соединений оказывать вредное или летальное действие на организмы. Токсичность химических соединений обусловлена взаимодействием организма, токсического вещества и окружающей внешней среды.

Тяжесть воздействия загрязняющих веществ определяют три фактора:

Первый - их химическая природа, то есть насколько они активны и вредны для определенного вида растений и животных.

Второй - концентрация, то есть содержание на единицу объема воздуха, воды или поч-вы.

Третий фактор - устойчивость, то есть продолжительность существования в воздухе, воде и почве.

Токсичность газообразных веществ характеризуется не дозой, выраженной в единицах массы или объема, а концентрацией. Важнейшим параметром токсичности газообразных веществ является ПДК (предельно допустимая концентрация). Под ПДК понимают наименьшую концентрацию химических соединений, которая при ежедневном воздействии на организм человека в течение длительного времени не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследования.

2. Масштабы загрязнения.

По масштабам загрязнение окружающей среды можно разделить на локальное, региональное и глобальное. Эти три вида загрязнения тесно связаны между собой. Как правило, первичным является локальное загрязнение, которое, если скорость процесса загрязнения больше скорости естественного очищения, переходит в региональное и затем при накоплении количественных изменений - в глобальное изменение качества окружающей среды. Для глобального загрязнения наиболее важным является временный фактор.

Существование таких процессов свидетельствует об ограниченности ресурсов атмосферы и о пределах её естественного самовосстановления. Например, использование воздуха в производственных процессах издавна предполагало естественные способности атмосферы к восстановлению первоначальных качеств. В частности, дымовые выбросы в атмосферу, содержащие микрочастицы и токсичные вещества, представляют собой не что иное, как метод разбавления. И даже в наши дни при строительстве высотных и сверхвысотных труб продолжают пользоваться этим древним методом. Однако резкое возрастание объемов выбросов привело к тому, что масштабы загрязнения вплотную приблизились и даже часто перешагивают пределы самовосстановления атмосферы.

При современных уровнях загрязнения вредные вещества от источника загрязнения распространяются на десятки и сотни километров. И даже само понятие источник загрязнения несколько меняет смысл. Если в каком-либо промышленном районе можно выделить точечные источники загрязнения, то в масштабе региона целый промышленный район, например крупный город, может рассматриваться как единый источник с системой точечных, линейных (автомагистралей) и групповых источников. Более того, даже весь регион и даже целая страна может выступать в роли единого источника загрязнения.

Современное индустриальное производство оказывает значительное воздействие на природу в глобальных масштабах. Хотя большая часть загрязняющих веществ и



тепловой энергии вырабатывается на ограниченной площади, главным образом в промышленных районах Северной Америки, Европы и Азии, вследствие особенностей циркуляции атмосферы и перемещений в водной оболочке Земли значительная часть некоторых, относительно долго живущих загрязняющих веществ рассеивается на огромных пространствах и даже по всей Земле, приводя к региональному и глобальному загрязнению.

К настоящему времени определились некоторые важные проблемы в области антропогенного глобального загрязнения окружающей природной среды, к числу которых относятся:

Возможные изменения климата в связи с поступлением в атмосферу техногенного тепла, углекислого газа и аэрозольных примесей.

Возможное нарушение озонового слоя Земли, связанное с поступлением в атмосферу фреонов, окислов азота и некоторых других примесей.

Экологические последствия глобального загрязнения природной среды и биосферы радиоактивными веществами, тяжелыми металлами и пестицидами.

Общая проблема морской среды атмосферными осадками, речным стоком, наземным и морским транспортом.

Дальний атмосферный перенос загрязняющих веществ и проблема кислотных осадков.

Таким образом, масштабы антропогенного воздействия на окружающую среду и уровень вытекающей из этого опасности заставляют искать новые подходы к развитию технологических процессов, которые, являясь не менее эффективными в экономическом смысле, во много раз превосходили бы существующие по степени экологической чистоты. Фактически противоречие между экономикой и экологией означает противоречие между необходимостью гармоничного развития системы природа-человек-производство и недостаточной объективной возможностью, а порой и просто субъективным нежеланием такой гармонии на современном этапе развития производственных сил и производственных отношений.

### 3. Источники загрязнения.

Основными причинами загрязнения природной среды являются:

1) демографический кризис - сложность современной демографической ситуации состоит в том, что экономически большинство стран мира с капиталистической рыночной экономикой по-прежнему заинтересовано в росте численности населения, в своеобразном «расширенном воспроизводстве» рабочей силы. Необходимо отметить в связи с этим, что существенный прогресс в деле оптимизации процесса воспроизводства населения достигим лишь при сокращении потребности в трудовых ресурсах в условиях вывода человека из процесса непосредственного материального производства. Экономический рост должен идти за счет механизации и автоматизации производства с сокращением числа занятых в нем людей. Все это даст положительный эффект, если будет происходить на фоне планомерного повышения уровня жизни населения.

2) огромный масштаб деятельности человека - воздействие человека на природу усиливалось по мере роста численности населения и усложнения форм его деятельности. С течением времени антропогенное воздействие приобрело глобальный характер. Источники загрязняющих веществ разнообразны, также многочисленны виды отходов и характер их воздействия на компоненты биосферы. Биосфера загрязняется твердыми отходами, газовыми выбросами и сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и машиностроительных заводов. Огромный вред наносят водным ресурсам сточные воды целлюлозно-бумажной, пищевой, деревообрабатывающей, нефтехимической промышленности. Развитие автомобильного транспорта привело к загрязнению атмосферы городов и транспортных коммуникаций токсичными металлами и токсичными углеводородами, а постоянное возрастание масштабов морских перевозок вызвало почти повсеместное загрязнение морей и океанов

нефтью и нефтепродуктами. Массовое применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений привело к появлению ядохимикатов в атмосфере, почвах и природных водах, загрязнению биогенными элементами водоемов и сельскохозяйственной продукции. При разработках на поверхность земли извлекаются миллионы тонн разнообразных горных пород, образующих пылящие и горящие терриконы и отвалы. В процессе эксплуатации химических заводов и тепловых электростанций также образуется огромное количество твердых отходов (огарок, шлаки, золы), которые складываются на больших площадях, оказывая негативное влияние на атмосферу, поверхностные и подземные воды, почвенный покров.

3) нерациональное использование первичных природных ресурсов - минеральные ресурсы относятся к исчерпаемым видам природных ресурсов, поэтому их общие запасы сокращаются. Этому способствует также экстенсивное использование ресурсов, проявляющееся в увеличении объемов их добычи за счет освоения новых месторождений. Освоение велось избирательно: в первую очередь разрабатывались богатые, удобно расположенные для производства месторождения. В результате произошло истощение месторождений на территории староосвоенной части региона и возникла необходимость эксплуатации труднодоступных, удаленных источников. Потери минеральных ресурсов происходят при добыче, обогащении, транспортировке, переработке. Из-за несовершенной техники и технологии в недрах остаются значительные запасы минерального сырья: нефти, угля, металлов, сгорает в факелах огромное количество попутных газов. При извлечении металлов из уже обогащенных руд потери составляют: при переработке меди - 6%, никеля - 15%, кобальта - 52%. Многочисленны отходы при добыче полезных ископаемых карьерным или шахтным способами. Они идут в отвалы, терриконы и занимают огромные территории в сотни тысяч гектаров. Чтобы, например, получить тонну цветного металла, надо переработать в среднем 100- 200 т. руды. Ежегодно эта отрасль дает 1,5 млрд. т. отходов. Колоссальные объемы горной массы часто занимают плодородные земли, нарушают равновесие поверхностных слоев литосферы. Под их тяжестью начинается опускание или вспучивание земли, которое может привести к нарушению режима подземных вод, их самоизлиянию и заболачиванию значительных площадей.

4) технократическое мышление - причина разрушительного подхода к природе - наивно-прагматическое отношение к ней и глубоко ошибочное представление людей о собственном всемогуществе, подкрепленное технологиями и мощными источниками энергии. Биосфера и составляющие ее экосистемы и сообщества организмов - система несравненно более сложная, чем цивилизация, но уровень незнания, к сожалению, все еще остается достаточно высоким. Человечество все еще находится под сильнейшим воздействием научно-технического прогресса второй половины XX века и представлений о своем мнимом могуществе. Впечатляющие технологические достижения порождают иллюзию возможности преодоления с их помощью экологического кризиса. Между тем все существующие технологии ведут только к дальнейшим разрушениям экосистем, нарушению баланса биогенов, внедрению в окружающую природную среду неведомых ей ранее веществ.

#### **1.4 Лекция № 4 ( 2 часа).**

**Тема: Принципы оценки токсичности вещества. Водные ресурсы. Мировой водный баланс.**

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Ксенобиотический профиль среды. Характеристика водных ресурсов планеты.
2. Ресурсы среды обитания.
3. Ксенобиотик.

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Ксенобиотический профиль среды. Характеристика водных ресурсов планеты.

Вода - это самое распространенное неорганическое соединение на нашей планете. В естественном состоянии вода никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, находятся взвешенные твердые частички. В 1 литре пресной воды может содержаться до 1 грамма солей.

Большая часть воды сосредоточена в морях и океанах. На пресные воды приходится всего 2%. Большая часть пресных вод (85%) сосредоточена во льдах полярных зон и ледников.

Наиболее угрожают чистоте водоемов нефтяные масла. Для очистки от нефти требуется улавливание не только плавающей по поверхности пленки, но и осаждение нефтяной эмульсии.

Весьма опасны как загрязнители сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности. Стоки этих предприятий поглощают кислород за счет окисления органических веществ, засоряют воду нерастворимыми веществами и волокнами, придают воде неприятный вкус и запах, изменяют цвет, способствуют развитию грибных обрастаний по дну и берегам.

Особенно загрязняют водоемы и губительно отражаются на развитии водных организмов сточные воды разнообразных химических заводов. Сбросы ТЭЦ обычно бывают подогреты на 8-10° С выше в сравнении с водой водоемов. При повышении температуры водоемов в них происходит усиление развития микро- и макропланктона, «цветение» воды, изменяются ее запах и цвет.

Сильно загрязняет и засоряет реки молевой сплав леса. Массы плывущего леса наносят рыбе ранения, преграждают путь к нерестилищам, рыба большей частью покидает обычные места нереста. Кора, сучья, ветки засоряют дно водоемов. Из бревен и древесных отходов выделяется в воду смола и другие вредные для рыбного населения продукты. Экстрагированные из древесины вещества разлагаются в воде, поглощая кислород, вызывая гибель рыб. Особенно в первые сутки сплава от недостатка кислорода гибнут икра и мальки рыб, а также кормовые беспозвоночные.

Усиливает засорение рек сброс в них отходов лесозаводов - опилки, кора и др., скапливающиеся большей частью в заводах и протоках. Часть леса тонет, число бревен увеличивается из года в год. Гниющая древесина и кора отравляют воду, она становится «мертвой».

Источником загрязнения вод во многих случаях являются коммунальные сточные воды (канализация, бани, прачечные, больницы и др.).

Растет численность населения, расширяются старые и появляются новые города. К сожалению, не всегда постройка очистных сооружений успевает за темпами жилищного строительства.

В настоящее время сточные воды повышенной радиоактивности порядка 100 кюри/л и выше подвергаются захоронению в подземные резервуары или закачиваются в подземные бессточные бассейны.

Спуск радиоактивных отходов в моря и реки, как и захоронение их в верхних водонепроницаемых слоях земной коры, нельзя считать разумным решением этой важной современной проблемы. Требуются дополнительные научные исследования способов нейтрализации радиоактивных загрязнений в водоемах.

В организмах растений и животных происходят процессы биологической концентрации радиоактивных веществ на протяжении цепей питания. Концентрированные мелкими организмами эти вещества затем попадают к другим животным, хищникам, где образуют опасные концентрации. Радиоактивность некоторых планктонных организмов может в 1000 раз превышать радиоактивность воды.

Загрязнения сточных вод делят в основном на две группы: минеральные и органические, в том числе - биологические и бактериальные.

К минеральным загрязнениям относятся сточные воды металлургических и машиностроительных предприятий, отходы нефтяной, нефтеобработывающей и горнодобывающей промышленности. Эти загрязнения содержат песок, глинистые и рудные включения, шлак, растворы минеральных солей, кислот, щелочей, минеральные масла и др.

Органические загрязнения вод производятся городскими фекально-хозяйственными стоками, водами боен, отходами кожевенных, бумажно-целлюлозных, пивоваренных и других производств. Органические загрязнения бывают растительного и животного происхождения. К растительным относятся остатки бумаги, растительные масла, остатки плодов, овощей и др. Основным химическим веществом этого рода загрязнений является углерод. К загрязнениям животного происхождения относятся: физиологические выделения людей, животных, остатки жировых и мускульных тканей, клеевые вещества, и пр. Они характеризуются значительным содержанием азота.

Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой различные живые микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе - возбудители тифа, паратифа, дизентерии, яйца гельминтов, поступающие с выделениями людей и животных и пр. Бактериальную загрязненность сточных вод характеризуют величиной коли-титра, т. е. наименьшим объемом воды в миллиметрах, в котором содержится одна кишечная палочка (бактерия «коли»). Так, если коли-титр равен 10, это значит, что в 10 мл найдена 1 кишечная палочка. Этот вид загрязнений свойствен бытовым водам, а также сточным водам боен, кожевенных заводов, шерстомоек, больниц и др. Общий объем бактериальной массы достаточно велик: на каждые 1000 м<sup>3</sup> сточных вод - до 400 л.

Загрязнения большей частью содержат около 42% минеральных веществ и до 58% органических.

При рассмотрении вопроса о составе сточных вод одним из важных понятий является концентрация загрязнения, т. е. количество загрязнений в единице объема воды, исчисляемом в мг/л или г/м<sup>3</sup>.

Концентрацию загрязнений сточных вод определяют химическими анализами. Большое значение имеет рН сточных вод, особенно при процессах их очистки. Оптимальной средой для биологических процессов очистки являются воды с рН около 7-8. Бытовые сточные воды имеют слабощелочную реакцию, производственные - от сильноокислой до сильнощелочной.

Загрязнение водоемов характеризуется следующими признаками:

- появление плавающих веществ на поверхности воды и отложение на дне осадка;
- изменение физических свойств воды, как-то: прозрачности и цветности, появление запахов и привкусов;
- изменение химического состава воды (реакции, количества органических и минеральных примесей, уменьшение растворенного в воде кислорода, появление ядовитых веществ и др.);
- изменение видов и количества бактерий и появление болезнетворных бактерий за счет поступления их со сточными водами.

Вода обладает чрезвычайно ценным свойством непрерывного самовозобновления под влиянием солнечной радиации и самоочищения. Оно заключается в перемешивании загрязненной воды со всей ее массой и в дальнейшем процессе минерализации органических веществ и отмирания внесенных бактерий. Агентами самоочищения являются бактерии, грибы и водоросли. Установлено, что в ходе бактериального самоочищения через 24 ч остается не более 50% бактерий, через 96 ч - 0,5%. Процесс бактериального самоочищения сильно замедляется зимой, так что через 150 ч сохраняются еще до 20% бактерий.

Чтобы обеспечить самоочищение загрязненных вод, необходимо их многократное разбавление чистой водой.

Если же загрязнения настолько велики, что самоочищение воды не происходит, существуют специальные методы и средства для ликвидации загрязнений, поступающих со сточными водами.

В промышленности - это главным образом строительство цеховых и общезаводских сооружений по очистке сточных вод, совершенствование технологического процесса производства и строительство утилизационных установок для извлечения ценных веществ из сточных вод.

На речном транспорте наибольшее значение имеет борьба с потерями нефтепродуктов при погрузке, выгрузке и транспортировке на судах речного флота, оборудование судов емкостями для сбора загрязненных вод.

При лесном сплаве основными методами борьбы с засорением рек является строгое соблюдение технологии сплава леса, очистка русел рек от затонувшей древесины, прекращение молевого сплава леса на реках, имеющих рыбохозяйственное значение.

## 2. Ресурсы среды обитания.

Источником существования человеческого общества служат природные ресурсы, являющиеся важнейшими компонентами окружающей его естественной среды. Все они связаны с литосферой, атмосферой, биосферой, космосом. Это минеральные ресурсы, земля, вода, растительность, живые организмы, газы, солнечная радиация и другие.

Природные ресурсы человек использует непосредственно или в переработанном виде. Само понятие “ресурсы” появилось, в то время, когда началась хозяйственная деятельность человека и возникла необходимость широкого и разнообразного использования природных богатств и объектов окружающей среды. Из различных классификаций природных ресурсов наиболее широко используются классификации по их принадлежности к тем или иным компонентам окружающей среды: функциональному назначению; способности к естественному восстановлению или сохранению, т.е. по истощаемости.

К возобновимым ресурсам принадлежит почва, растительность, животный мир, а также некоторые минеральные ресурсы (например, соли, осаждающиеся в озерах и морских лагунах).

Однако при расточительном использовании некоторые виды возобновляемых ресурсов могут перейти в разряд не возобновляемых или на их восстановление потребуется несоразмерно большое время. При хищническом использовании нарушается способность биологических систем к самовоспроизводству, и тогда эти ресурсы становятся практически невозобновимыми.

К невозобновимым ресурсам относятся богатства недр. Использование этих ресурсов возможно только один раз (хотя некоторые металлы могут служить вторичным сырьем), и оно неизбежно приводит к истощению их запасов; такие виды ресурсов имеют конечные запасы; пополнение их на Земле практически невозможно.

Развитие производства, рост техники со временем, казалось бы, делали человека все менее зависимым от природы. Опьяненные таким “могуществом”, люди возомнили себя полными хозяевами и господами природы, которым дозволено все, что они пожелают.

Природа таит в себе неограниченные возможности для удовлетворения потребностей человека. Возрастающие темпы изменения среды обитания приводят к нарушению взаимосвязи между ней и человеком.

В настоящее время обеспечение рационального взаимодействия общества с природной средой превратилось в одну из основных проблем, стоящих перед человечеством. Целенаправленная деятельность по удовлетворению общества в природных ресурсах приводит к нарушению сложившихся в природе связей. При этом в ряде случаев происходят глубокие изменения природной среды, существенно нарушается ход естественных природных процессов, сложившихся до появления на Земле человеческого общества.

### Краткий обзор важнейших факторов среды обитания

Под средой обитания (или окружающей средой) понимают совокупность факторов, состоящих из физических (природных) и искусственно созданных человеком (антропогенных).

К основным физическим факторам в экологии относятся температура, излучение, свет, влажность, состав биосферы, биогенные элементы, почва и ее состав, а также микросфера.

Экология стремится не к тому, чтобы выявить роль отдельных факторов, а к тому, чтобы оценить сравнительную важность различных факторов, которые в реальной экосистеме действуют совместно. На суше важными физическими факторами являются свет, температура, вода (осадки); в море – свет, температура и соленость.

В пресных водах основную роль могут играть такие факторы, как содержание кислорода. Организмы, входящие в сообщество, так реагируют на эти факторы, что сообщество как бы ослабляет вредные эффекты и, достигает максимальной эффективности и наибольшей устойчивости в данных условиях.

### 3. Ксенобиотики.

Чужеродные вещества, поступающие в человеческий организм с пищевыми продуктами и имеющие высокую токсичность, называют ксенобиотиками, или загрязнителями.

"Под токсичностью веществ понимается их способность наносить вред живому организму. Любое химическое соединение может быть токсичным. По мнению токсикологов, следует говорить о безвредности химических веществ при предлагаемом способе их применения. Решающую роль при этом играют: доза (количество вещества, поступающего в организм в сутки); длительность потребления; режим поступления; пути поступления химических веществ в организм человека".

При оценке безопасности пищевой продукции базисными регламентами являются предельно допустимая концентрация (далее ПДК), допустимая суточная доза (далее ДСД), допустимое суточное потребление (далее ДСП) веществ, содержащихся в пище.

ПДК ксенобиотика в продуктах питания измеряется в миллиграммах на килограмм продукта (мг/кг) и указывает на то что, более высокая его концентрация несёт опасность для организма человека.

ДСД ксенобиотика – максимальная доза (в мг на 1 кг веса человека) ксенобиотика, ежедневное пероральное поступление которой на протяжении всей жизни безвредно, т.е. не оказывает неблагоприятного воздействия на жизнедеятельность, здоровье настоящего и будущих поколений.

ДСП ксенобиотика – максимально возможное для потребления количество ксенобиотика для конкретного человека в сутки (в мг в сутки). Определяется умножением допустимой суточной дозы на массу человека в килограммах. Поэтому ДСП ксенобиотика индивидуально для каждого конкретного человека, и очевидно, что для детей этот показатель значительно ниже, чем для взрослых.

Ксенобиология как наука зародилась в конце XIX в начале XX века. Это связано с увеличением количества ксенобиотиков в биосфере.

На их увеличение влияют две основные причины:

1. демографический взрыв;
2. научно-технический прогресс (НТП).

Развитие науки характеризуется определенными особенностями:

- а) увеличение энергопотребления за счет использования не возобновляемых источников энергии;
- б) увеличение объема промышленного производства;
- в) появление принципиально новых технологий и видов техники, а также химических веществ;
- г) увеличение добычи и переработки природных ресурсов;

д) увеличение количества используемых химических элементов (в XVII в. – 26 элементов, в XVIII в. – 28 элементов, в XIX в. – 50 элементов, в начале XX в. – 59 элементов, сегодня - 117).

е) резкое повышение спаренности технических систем, что приводит к увеличению вероятности аварий, и поступлению в биосферу загрязняющих веществ.

В результате этих явлений увеличивается поступление ксенобиотиков в биосферу. Ксенобиология тесно связана с химией, медициной, физиологией растений, животных и человека, экологией и охраной природы.

Большинство химических элементов в строго определённых количествах являются необходимыми для нормального функционирования организма человека, но избыточное их поступление вызывает отравление.

Производителям продуктов сегодня легально разрешено добавлять в пищу химикаты, вызывающие привыкания. MSG один из многих.

Использование ДДТ против комаров-переносчиков малярии резко снизили смертность от этого заболевания. Если еще в 1948 г только в Индии погибло от малярии более 3-х миллионов человек, то в 1965 г. не было зарегистрировано ни одного случая смерти от малярии в Индии.

Подавляющее большинство наиболее известных пестицидов имеют тенденцию накапливаться в живых организмах, причем в концентрациях, возрастающих по мере продвижения по пищевым цепям. Это называется эффектом биологического усиления.

При изучении накопления ДДТ и его переходов по звеньям пищевой цепи на примере экосистемы озера Мичиган, было обнаружено, что донный ил содержит 0.14мг/кг, придонно-питающиеся ракообразные – 0.41, различные виды рыб – 3-6 и жировая ткань чаек, питающихся этой рыбой – свыше 2400мг/кг.

Особо опасно и явно недостаточно изучено воздействие ДДТ на людей. Однако отмечено, что лишь за одно десятилетие, с 1970 по 1980гг, частота отравлений в мире пестицидами возросла на 250%. У человека ДДТ концентрируется преимущественно в жировой ткани, но способен выделяться с грудным молоком и даже проходить плацентарный барьер (кстати, корова сбрасывает в молоко свинец, который попадает в организм из окружающей среды).

Под воздействием ДДТ у людей могут наблюдаться гормональные изменения, поражения почек, центральной нервной системы, цирроз печени и хронический гепатит. ДДТ отнесен к группе канцерогенного риска. Таким образом, ДДТ обладает высоким уровнем опасности для окружающей среды и здоровья человека. Поэтому различными службами контроля и охраны окружающей среды и здоровья человека в большинстве развитых стран установлены нормы допустимого поступления химикатов в организм.

Согласно решению объединенной комиссии Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (далее ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (далее ВОЗ) по Пищевому кодексу, в число компонентов, содержание которых контролируется при международной торговле продуктами питания, включено восемь химических элементов: ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, цинк, железо, стронций. Список этих элементов в настоящее время дополняется. В России медико-биологическими требованиями определены критерии безопасности для следующих химических элементов: ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, цинк, железо, олово.

### **1.5 Лекция № 5 ( 2 часа).**

**Тема:** Источники появления потенциально токсичных веществ в окружающей среде.

#### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Характеристика современного состояния на планете.
2. Недопущение загрязнения планеты токсическими веществами.

#### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Характеристика современного состояния на планете.

Современные представления о биосфере определяются системной природой ее организации. Человек является неразрывной частью биосферы, «он, как и все живое может мыслить и действовать в планетном аспекте только в области жизни – в биосфере, с которой он неразрывно, закономерно связан, и уйти из которой он не может» (Вернадский, 1989, с. 189). Однако, человеческая деятельность, получившая глобальный размах за последние сто лет, нарушает структуру, организованность и функции биосферы.

Пагубное воздействие на природу многогранно: это и миллиарды тонн отходов, и уничтоженные виды животных и растений, и опустыненные земли и др. Все это звенья одной цепи, вызвавшие разбалансировку всей климатической системы планеты. Погодные аномалии – такие как засуха, наводнения, смерчи, ураганы, а вслед за ними экономические, политические, социальные потрясения возникают с угрожающей частотой и становятся практически обыденным планетарным явлением.

Все эти экологические проблемы обсуждаются в научных и политических кругах с 70-х гг. XX в. (Стокгольмская конференция ООН и образование ЮНЕП ([daccess-dds-ny.org](http://daccess-dds-ny.org)); Будыко, 1974; Odum H, Odum E, 1976), но особенно остро вопрос сохранения экосистем мирового масштаба встал в начале 90-х (Конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, Киотский протокол ([unfccc.de](http://unfccc.de)); Вайцеккер и др., 2000; Данилов-Данильян 2001; Состояние..., 2002). Несмотря на всестороннее обсуждение на международном уровне этой темы, состояние глобальной окружающей среды продолжает ухудшаться. На смену одним решаемым проблемам приходят другие, более сложные и более глобальные. Так где же проходит та грань, за которой дальнейшая деятельность людей по преобразованию биосферы становится недопустимой?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужны количественные данные, показатели-реперы. При всем многообразии характеристик современного состояния биосферы удобным показателем степени антропогенного воздействия, на наш взгляд, является концентрация углекислого газа в атмосфере.

Ее количество регулярно измеряется на Гавайях (Mauna Loa Observatory) с 1958 г., известна динамика углеродного цикла планеты, а также имеются палеоданные о содержании диоксида углерода в атмосфере Земли в течение последних сотен тысяч лет на основании исследования пузырьков воздуха в кернах антарктического льда. Измеряется она в ppm (количестве частей углекислого газа на миллион частей воздуха). Палеоданные показывают, что этот показатель колебался от 180 ppm (в ледниковые периоды) до 280 ppm (в межледниковые периоды). Однако, с началом промышленной революции и возрастанием доли антропогенного воздействия концентрация CO<sub>2</sub> стала расти, а в последние годы – стремительно нарастать. Современное значение этого показателя (без учета весеннее-осеннего колебания в пределах 10 ppm) составляет 392 ppm ([www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)). Диоксид углерода является парниковым газом (вторым по значению после водяного пара), поэтому увеличение его концентрации в атмосфере ведет к повышению приземной температуры воздуха, которая возросла по сравнению с 1750 г. (начало промышленной революции) на 1,2° C (<http://zn.ua>). Неоспоримым доказательством этого является таяние льдов Гренландии и сокращение толщины ледяного покрова в Арктике.

Биосфера – тонкая «пленка жизни» планеты Земля, она является сложной саморегулирующейся системой, поддерживающей в оптимальном состоянии все свои характеристики, в том числе и концентрацию углекислого газа в атмосфере. Это является частным случаем принципа Ле Шателье – Брауна, который определяет устойчивость термодинамических систем. При возрастании или понижении концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе растительность планеты увеличивает или уменьшает фиксацию диоксида углерода, таким образом, восстанавливая нормальное значение этого показателя (Алексеев, Марков, 2003). Скорость фиксации избытка этого газа в настоящее время составляет около 1,5 % в год, что позволило бы в течение нескольких сотен лет полностью



нивелировать возмущающее воздействие (при условии полного снятия антропогенной нагрузки на биосферу).

В начале XX века рост концентрации углекислого газа в воздухе вышел за пределы нормального колебания этого признака в межледниковые периоды от 260 ppm до 300 ppm, что отражает выход такой сложной системы как биосфера из состояния равновесия. При сравнении с человеческим организмом, это означает повышение температуры тела с оптимальных 36,6° С до граничащих с началом болезни 37,0° С.

Поскольку воздействие, разрушающее любую регулируемую систему, примерно в десять раз превышает воздействие, выводящее ее из состояния равновесия (Реймерс, 1992), то повышение концентрации CO<sub>2</sub> до примерно 480 ppm (в случае, если мы принимаем оптимальной концентрацию в 280 ppm; воздействие, выводящее систему из равновесия – в 20 ppm; а воздействие, разрушающее систему – в 200 ppm) приведет к необратимым разрушающим последствиям в биосфере, что эквивалентно повышению температуры человеческого организма до 40 – 41° С и смерти.

Также, по мнению ряда ученых, критическим является повышение приземной температуры воздуха на 2° С (а она уже повысилась более чем на 1,2° С с начала промышленной революции), так как значительно возрастет концентрация водяного пара (при повышении температуры воздуха на 10° С концентрация водяного пара увеличивается в 2 раза), а он является основным парниковым газом в атмосфере Земли. Более того, мировой океан, содержащий огромное количество растворенного CO<sub>2</sub> (приблизительно в 60 раз превышающее его содержание в воздухе), начнет выделять углекислый газ в атмосферу (при повышении температуры воды на 1° С в диапазоне 10° – 20° С растворимость углекислого газа в воде снижается на 3%). Таким образом, начнут работать положительные обратные связи, когда повышение температуры вызывает увеличение количества парниковых газов, а рост концентрации парниковых газов ведет к дальнейшему подъему температуры. Процесс примет характер цепной реакции и станет необратимым (<http://elementy.ru>). Поскольку рост приземной температуры коррелирует с ростом концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, повышение температуры воздуха на 2° С эквивалентно концентрации диоксида углерода приблизительно в 470 ppm.

Все это ставит под сомнение заявления ряда исследователей, что можно не беспокоиться по поводу повышения концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере Земли. Да, углекислый газ не является ядовитым, но повышение его концентрации приведет к разбалансировке климата на планете. Да, во времена гигантских папоротников и динозавров концентрация углекислого газа была примерно в 4 – 8 раз больше, а температура воздуха на 10 – 15° С выше современного (Глобальное..., 1993), но биосфера Земли безвозвратно потеряла доминирующих представителей той флоры и фауны, а современные биоценозы не приспособлены существовать в таких условиях.

Предложения ученых перейти к регулированию климата с помощью технических средств (Израэль, 2006), где рекомендуется распылять в верхних слоях атмосферы сажу, диоксид серы и другие вещества, препятствующие проникновению солнечного света, с целью понижения приземной температуры воздуха, вызывают серьезное беспокойство, так как сложность биосферы превосходит на 20 порядков сложность систем технического регулирования. В биосфере содержится около 10<sup>30</sup> клеток организмов, поток информации в каждой из которых сопоставим с мощностью современных компьютеров (Горшков и др., 2006).

Итак, что должно сделать человечество, чтобы не перейти опасную черту, до которой осталось совсем немного? При сохранении современного роста в 2,5 ppm в год черта в 480 ppm будет пройдена через приблизительно 32 года или в 2046 году. Настоящий доктор всегда ищет первопричину болезни, а она – переход промышленного производства на глобальный уровень, то есть пока человечество в своем воздействии на биосферу не переходило черту в 300 ppm, соответственно, не выводило такую сложную систему как биосфера из равновесия, уровень промышленного производства был

допустимым. Стратегическая цель человечества – вернуться обратно за черту в 300 ppm, не выходить за пределы нормального колебания этого признака биосферы, так организовать функционирование общества, чтобы находиться в гармонии с природой. Таким образом, человечеству нет необходимости «возвращаться в пещеры», но цивилизация должна встать на путь разумного хозяйствования, которое предполагает, что промышленное производство, каким бы развитым оно ни было, не должно нарушать устойчивости биосферы.

## 2. Недопущение загрязнения планеты токсическими веществами.

Регионы техносферы и природные зоны, примыкающие к очагам техносферы, постоянно подвергаются активному загрязнению различными веществами и их соединениями.

### Загрязнение атмосферы

Атмосферный воздух всегда содержит некоторое количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников.

К числу примесей, выделяемых естественными источниками, относят:

- пыль (растительного, вулканического, космического происхождения, возникающую при эрозии почвы, частицы морской соли);

- туман;

- дым и газ от лесных и степных пожаров;

- газы вулканического происхождения;

- различные продукты растительного, животного происхождения и др.

Естественные источники загрязнений бывают:

распределенными, (выпадение космической пыли), локальными, (лесные и степные пожары, извержения вулканов).

Уровень загрязнения атмосферы естественными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени.

Основное антропогенное загрязнение атмосферного воздуха создают автотранспорт, теплоэнергетика и ряд отраслей промышленности.

Кроме приведенных выше веществ и пыли в атмосферу выбрасываются и другие, более токсичные вещества. Так, вентиляционные выбросы заводов электронной промышленности содержат пары плавиковой, серной, хромовой и других минеральных кислот, органические растворители и т. п.

В настоящее время насчитывается более 500 вредных веществ, загрязняющих атмосферу, их количество увеличивается.

Контроль состояния атмосферы в городах страны показал, что уровень загрязнения в 2000 г. остался весьма высоким. Максимальные концентрации загрязняющих веществ превышали 10 ПДК в 70 городах России (Братск, Иркутск, Магнитогорск,

Большая часть примесей атмосферного воздуха в городах проникает в жилые помещения. В летнее время (при открытых окнах) состав воздуха в жилом помещении соответствует составу воздуха вне помещения на 90 %, зимой — на 50%.

Высокие концентрации и миграция примесей в атмосферном воздухе стимулируют их взаимодействие с образованием более токсичных соединений (смога, кислот) или приводят к таким явлениям, как «парниковый эффект» и разрушение озонового слоя.

Кислотные дожди известны более 100 лет, однако проблема этих дождей возникла около 20 лет назад.

Источниками кислотных дождей служат газы, содержащие серу и азот.

Наиболее важные из них:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

Из соединений азота основную долю кислотных дождей дают  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ .

Серная и азотная кислоты поступают в атмосферу также в виде тумана и паров от промышленных предприятий и автотранспорта. В городах их концентрация достигает 2 мг/м<sup>3</sup>.

Соединения серы и азота, попавшие в атмосферу, вступают в химическую реакцию не сразу, сохраняя свои свойства соответственно, в течение 2 и 8... 10 суток. За это время они могут вместе с атмосферным воздухом пройти расстояния 1000...2000 км и лишь после этого выпадают с осадками на земную поверхность.

Различают прямое и косвенное воздействие кислотных осадков на человека.

Прямое воздействие обычно не представляет опасности, так как концентрация кислот в атмосферном воздухе не превышает 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Такие концентрации нежелательны для детей и астматиков.

Прямое воздействие опасно для металлоконструкций (коррозия со скоростью до 10 мкм/год), зданий, памятников и т. д. особенно из песчаника и известняка в связи с разрушением карбоната кальция.

Наибольшую опасность кислотные осадки представляют при попадании в водоемы и почву, что приводит к уменьшению pH воды (pH = 7—нейтральная среда). От значения pH воды зависит растворимость алюминия и тяжелых металлов в ней и, следовательно, их накопление в корнеплодах, а затем и в организме человека. При изменении pH воды меняется структура почвы и снижается ее плодородие. Снижение pH питьевой воды способствует поступлению в организм человека указанных выше металлов и их соединений.

Физические загрязнения поступают в водоемы с промышленными стоками, при сбросах из выработок шахт, карьеров, при смывах с территорий промышленных зон, городов, транспортных магистралей, за счет осаждения атмосферной пыли.

Всего в 2000 г. в водоемы страны сброшено около 60 км<sup>3</sup> сточных вод, из них около половины загрязненных.

Антропогенное воздействие на гидросферу приводит к следующим негативным последствиям:

- снижаются запасы питьевой воды (около 40 % контролируемых водоемов имеют загрязнения, превышающие 10 ПДК);

- изменяется состояние и развитие фауны и флоры водоемов;
- нарушается круговорот многих веществ в биосфере;
- снижается биомасса планеты и как следствие воспроизводство кислорода.

4. Загрязнение литосферы Нарушение верхних слоев земной коры происходит при:

- добыче полезных ископаемых и их обогащении;
- захоронении бытовых и промышленных отходов;
- проведении военных учений и испытаний и т. п. ;
- в зонах рассеивания различных выбросов в атмосфере;
- при внесении удобрений и применении пестицидов.

Ежегодно из недр страны извлекается огромное количество горной массы, вовлекается в оборот около 30%, а используется в производстве около 7 % объема добычи. Большая часть отходов не используется и скапливается в отвалах.

## **1.6 Лекция № 6 ( 4 часа).**

**Тема:** Превращения токсичных веществ.

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Поступление токсичных веществ в организмы.
2. Влияние факторов среды и свойств организма на степень токсического эффекта.
3. Коэффициент аномальности, коэффициент концентрации.

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Поступление токсичных веществ в организмы.

Основными путями поступления отравляющих, как и многих других, ядовитых веществ в организм человека являются:

1. органы дыхания;
2. кожные покровы;
3. желудочно-кишечный тракт;

4. слизистые оболочки;
5. раневая поверхность;
6. комбинированные поражения.

В легкие легко всасываются липидорастворимые газообразные, парообразные и аэрозольные вещества /БОВ, хлорированные углеводороды, пары синильной кислоты и др./ Быстрота всасывания ядовитых веществ в легких связана с большой поверхностью альвеолярно-капиллярной сети, достигающей у человека 150-200 м<sup>2</sup>, а также малой толщиной альвеолярных мембран. Богатая сеть легочных капилляров обуславливает поступление ядов из легких прямо в кровь, в малый круг кровообращения и затем, минуя печень, через сердце достигает кровеносные сосуды большого круга. Их действие наступает примерно в 20 раз быстрее, чем при введении в желудок.

Кожные покровы являются для многих ядов и отравляющих веществ, значительным барьером. Практически через кожу вода и большинство газообразных веществ не проникает. При обычных условиях кожей всасываются вещества хорошо растворимые в липидах /иприт, люизит, эфир, хлороформ/. Легко проникают через кожу яды, способные нарушать целостность эпидермиса /арсины, иприт/. Благоприятствуют проницаемости кожи гиперемия, потливость, влажность. При перекутанном проникновении ОВ возможно их депонирование в подкожно-жировой жировой клетчатке.

Желудочно-кишечный тракт является входными воротами для ОВ, которые могут попасть в желудок с зараженной водой и пищевыми продуктами. Всасывание большинства ядов из желудка происходит медленно, остаются там сравнительно продолжительное время. Интенсивность всасывания яда часто пропорциональна его концентрации /дозе/ в желудке. Могут уменьшать всасывание ядов пища, находящаяся в желудке, ее состав, скорость перемещения пищи и опорожнение желудка. Ряд ОВ /иприт, люизит/ могут оказывать резкое раздражающее действие на слизистую желудка, вызывающее неукротимую рвоту и сильнейшие боли. Всасывание многих ядов происходит в тонком кишечнике. Но здесь они подвергаются воздействию различных ферментов, которые могут резко менять их токсические свойства. На скорость всасывания токсических веществ влияет объем крови, проходящей в единицу времени через стенки пищеварительного тракта. Током крови из желудочно-кишечного тракта токсические вещества доставляются в печень - орган, выполняющий барьерную функцию по отношению к подавляющему большинству чужеродных соединений.

Слизистые оболочки являются также одними из входных ворот для ОВ. Всасывание происходит с большой быстротой. Воздействие ОВ на слизистые оболочки глаз может быть пролонгированным. Оно сочетается с воздействием на органы дыхания.

Раневая поверхность представляет собой также весьма реальный путь поступления ОВ в организм. Особенно быстро и легко яды могут всасываться из мышечной ткани, потому что эта ткань обильно снабжена капиллярами. Ожоговая поверхность I-II ст. способствует более быстрому проникновению ОВ. При ожогах III-IV ст. всасывание замедляется. Кровоточащие раны способствуют вымыванию ОВ из раны, тем самым уменьшают количество дозы поступающего в организм.

Комбинированные поражения когда одновременно имеются ранения и поражения отравляющими веществами. Практически важно делить их на два вида: ранения с попаданием ОВ в рану и комбинированные поражения, но без попадания ОВ в рану. В первом случае необходимо принимать меры по удалению ОВ из раны.

## 2. Влияние факторов среды и свойств организма на степень токсического эффекта.

Токсическое действие различных веществ является результатом взаимодействия организма, яда и окружающей среды. Оно зависит от следующих факторов:

- Видовые различия в чувствительности человека и животных к ядам обусловлены сходством или различиями в течении обменных процессов, степенью сложности, дифференцированности нервной системы и механизмов регуляции физиологических функций, продолжительностью жизни, массой тела, величиной и особенностями строения

кожных покровов и рядом других причин. Знание видовых различий важно потому, что при исследовании действия ядов на человека и разработке гигиенических нормативов, как правило, проводятся эксперименты на животных. Перенос (экстраполяция) экспериментальных данных с определенного вида животных на человека возможен лишь тогда, когда известно, что имеется общность в превращениях (метаболизме) яда в организме данного вида животных и человека и что при выборе длительности эксперимента была учтена продолжительность жизни вида животных и длительность жизни человека, его трудового стажа и т.п.

- Влияние пола на направленность и выраженность токсического действия может проявиться в отношении как специфических признаков поражения (влияние на гонады мужчин или женщин, на беременность, эмбриотропное действие и т.п.), так и общего действия. Отмечается большая чувствительность женского организма к действию некоторых органических ядов, например бензола. Некоторые яды, например соединения бора, обладают избирательно выраженной токсичностью в отношении гонад мужского организма.

- Влияние возраста. Организм подростков в 2-3 раза (до 10 раз в отношении некоторых веществ) более чувствителен к ядам, чем взрослых.

- Индивидуальная чувствительность к ядам выражена довольно значительно, что зависит от особенностей течения биохимических процессов у разных лиц (так называемая биохимическая индивидуальность), а также функциональной активности разных физиологических систем. Индивидуальная чувствительность к ядам определяется и состоянием здоровья. Например, лица с заболеваниями крови более чувствительны к действию кроветворных ядов, с нарушениями со стороны нервной системы – к действию нейротропных ядов, с заболеваниями легких – к действию раздражающих веществ и пылей и т.п. Учитывая это, лица с определенными заболеваниями не допускаются к работе в контакте с ядами, которые могут обострить течение болезни, или, наоборот, эти заболевания могут вести к более быстрому и тяжелому течению интоксикации.

На чувствительность организма к ядам оказывает влияние и характер труда. Например, при тяжелой физической работе усиливаются процессы дыхания и кровообращения, что ведет к ускоренному поступлению ядов в организм.

- Химическая структура и физические свойства ядов. Всеобщих закономерностей зависимости токсичности от структуры соединений не существует, однако некоторые правила для определенных классов веществ установлены.

Возрастание токсичности наблюдается в гомологическом ряду углеводов. Это применимо к веществам алифатического ряда, спиртам (кроме метилового), но оно не подтверждается в ряду ароматических соединений. В качестве примеров можно указать, что легкие бензины менее токсичны, чем тяжелые, бутиловый, амиловый и другие высшие спирты токсичнее этилового и пропилового.

Токсичность органических соединений возрастает с увеличением числа ненасыщенных связей, например от этана ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ ) к этилену ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) и ацетилену ( $\text{CH} \equiv \text{CH}$ ).

Токсичность снижается с увеличением разветвленности цепи. Это наблюдается среди углеводов, являющихся изомерами, но имеющих различия в структуре (например, изогептан менее ядовит, чем гептан).

Изменение характера действия, а часто и возрастание токсичности отмечаются при введении в молекулу атома галоидов (хлор, фтор), метильных, амино- ( $\text{NH}_2$ ) и нитрогрупп ( $\text{NO}$ ).

Из физических свойств ядов на токсичность их влияют растворимость, летучесть, агрегатное состояние.

На роль растворимости в воде указывалось выше.

Показателем растворимости вещества в жирах и липоидах является коэффициент распределения масло/вода. Физико-химическая сущность для этого показателя аналогична коэффициенту 1 и имеет следующее выражение:

$$K = \text{конц. в масле} / \text{конц. в воде}.$$

Растворимость влияет не только на скорость проникания веществ, но и на характер действия. Так, установлено, что чем больше растворимость вещества в липоидах, тем ярче выражено его нейротропное, в частности наркотическое, действие: чем выше коэффициент распределения масло/вода, т.е. отношение растворимости в липоидах к растворимости в воде, тем больше связывается яд не с кровью, а с тканями, богатыми липоидами (нервной тканью).

На опасность отравления ядом влияет такое физическое его свойство, как летучесть. Летучесть – максимально достижимая концентрация вещества в воздухе при данной температуре (мг/л, мг/куб.м). Чем она выше, тем большие концентрации вещества могут быть в воздухе, тем оно опаснее.

Агрегатное состояние ядов влияет на характер вредного действия и скорость его проявления. Известно, что металлическая ртуть в виде жидкости не токсична, но очень опасна в виде паров. Скорость развития интоксикации при вдыхании ядовитых аэрозолей возрастает с ростом дисперсности, так как увеличение раздробленности вещества резко увеличивает и его удельную поверхность, что ускоряет растворение и всасывание яда в органах дыхания и крови.

- Концентрация и продолжительность действия яда. Токсический эффект в значительной мере определяется количеством поступившего в организм яда. Для некоторых веществ имеет значение время воздействия. Определенную роль играет непрерывность или прерывистость действия яда.

При поступлении яда в желудочно-кишечный тракт (а в эксперименте также внутривенно, внутрибрюшинно, внутримышечно, подкожно) количество вещества в организме, т.е. введенную дозу, принято рассчитывать на единицу массы тела (1 г, 1 кг). При поступлении токсических веществ через органы дыхания уровень содержания определяется концентрацией яда в воздухе в мг/куб.м.

Для оценки опасности химических веществ применяются следующие показатели:

а) Средняя смертельная доза при введении в желудок – это доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок – DL50.

Средняя смертельная концентрация в воздухе – это концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при 2-4 часовом ингаляционном воздействии – CL50.

б) Порог острого действия – пороговая концентрация или минимально действующая, которая при однократном воздействии вызывает статистически достоверные изменения интегральных показателей животного организма (например, изменения показателей рефлекторной деятельности) - LIMac.

в) Порог хронического действия – минимальная (пороговая) концентрация, вызывающая вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении 4 месяцев – LIMch.

г) Зона острого действия (Sac) – характеризует потенциальную опасность возникновения острых отравлений и является отношением среднесмертельной концентрации к порогу острого действия:

$$Sac = CL50 / LIMac,$$

где CL50- среднесмертельная концентрация; LIMac – порог острого действия.

Чем меньше зона острого действия, тем опаснее вещество, так как даже небольшое повышение концентрации, начиная от пороговой, уже может вызывать крайние формы влияния на организм, т.е. смерть.

д) Зона хронического действия – отношение порога острого действия к порогу хронического действия:

$$Sch = LIMac / LIMch,$$

где  $LI_{Mac}$  – порог острого действия;  $LI_{Mch}$  – порог хронического действия.

Интервал между  $LI_{Mac}$  и  $LI_{Mch}$  удовлетворено характеризует опасность возникновения хронического отравления. Если этот интервал велик, т.е.  $LI_{Mch}$  слишком мала по сравнению с  $LI_{Mac}$ , то в животном организме создаются хорошие условия для суммирования эффекта малых концентраций и, следовательно, для развития интоксикации. Иными словами, чем шире зона хронического действия, тем опаснее испытуемое вещество, так как кумулятивные свойства, выражающиеся в накоплении эффекта в хроническом эксперименте, будут выражены сильнее.

Опасность яда – возможность возникновения интоксикации в естественных условиях на производстве зависит не только от токсичности вещества (например, устанавливаемой по величинам  $DL_{50}$  или  $CL_{50}$ ), но и других его свойств, прежде всего летучести. Малотоксичное, но высоколетучее вещество в условиях производства может оказаться гораздо опаснее, чем высокотоксичное, но малолетучее.

В настоящее время опасность химических веществ часто оценивают по величине КВНО – «коэффициента возможности ингаляционного отравления», который равен отношению  $C_{20}/CL_{50}$ , где  $C_{20}$  – максимально достижимая концентрация вещества при 20 градусах Цельсия,  $CL_{50}$  – среднесмертельная концентрация для животных (белых мышей) при двухчасовом воздействии (120 мин). Таким образом, КВНО объединяет два важнейших показателя опасности острого отравления: летучесть вещества и дозу, вызывающую наибольший биологический эффект, т.е. гибель организма.

Токсический эффект зависит не только от дозы и концентрации вещества: имеют значение также время (продолжительность) и периодичность воздействия ядов. В отношении многих веществ, поступающих в организм через дыхательные пути, установлено, что сила токсического действия ( $W$ ) находится в прямой зависимости от концентрации ( $c$ ) и времени ( $t$ ) воздействия, т.е.  $W=c \times t$ . Эта закономерность в большинстве случаев отражает зависимость эффекта от дозы, так как чем больше концентрация яда в воздухе и продолжительнее время действия, тем больше вещества поступает в организм.

- Комбинированное действие ядов, влияние физических факторов среды. Изолированное действие ядов на производстве, особенно в химической промышленности, встречается редко; обычно работающие подвергаются одновременному воздействию нескольких веществ, т.е. имеет место комбинированное действие ядов.

Различают несколько видов комбинированного (совместного) действия ядов:

1) Однородное действие – компоненты смеси действуют на одни и те же системы в организме, при количественно одинаковой замене их друг другом токсичность смеси не изменяется. В этих случаях говорят о простой аддитивности (от addition – сложение, дополнение) или простом суммировании: суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов.

2) Независимое действие – компоненты смеси действуют на разные системы, токсические эффекты не связаны друг с другом и в случае их возникновения (например, гибели), они являются результатом воздействия одного или другого компонента, а не развития комбинационного эффекта.

3) Положительный синергизм, или потенцирование (от potent – сильнодействующий), и отрицательный синергизм (депотенцирование, антагонизм) – комбинированное действие смеси веществ, которое по своему эффекту в первом случае больше, а во втором – меньше, чем сумма действий отдельных веществ смеси.

Токсический эффект, как отмечалось выше, является результатом взаимодействия яда, организма и условий внешней среды: температуры и влажности воздуха, барометрического давления, ультрафиолетовой радиации, шума и др.

Токсичность ядов в определенном температурном диапазоне является наименьшей, усиливаясь как при повышении, так и при понижении температуры воздуха. Главной причиной этого является изменение функционального состояния организма:

нарушение терморегуляции, потеря воды при усиленном потоотделении, изменение обмена веществ и ускорение многих биохимических процессов. Учащение дыхания и усиление кровообращения ведут к увеличению поступления ядов в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и слизистых повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути. В этом же направлении влияет усиленное потоотделение.

Влажность воздуха может увеличивать опасность отравлений, в особенности раздражающими газами. Причина, по-видимому, в усилении процессов гидролиза, повышении задержки ядов на поверхности слизистых оболочек, изменении агрегатного состояния ядов.

Изменение барометрического давления также влияет на токсический эффект. При повышении давления возрастание токсического действия происходит вследствие двух причин: во-первых, усиленного поступления яда вследствие роста парциального давления газов и паров в альвеолярном воздухе и ускоренного перехода их в кровь, во-вторых, изменения многих физиологических функций, в первую очередь дыхания, кровообращения, состояния центральной нервной системы и анализаторов. При понижении барометрического давления первая причина отсутствует, но усиливается влияние второй.

В производственных условиях встречается сочетание действия ядов и ультрафиолетовых лучей (транспортные рабочие, регулировщики, грузчики и др.). Ультрафиолетовые лучи влияют на процессы взаимодействия газов в смесях, например, способствуя образованию смога из выхлопных газов автомашин.

Имеются данные об усилении действия ядов при одновременном влиянии на организм шума и вибрации. Причиной этого, по-видимому, является изменение функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Предельнодопустимыеконцентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Предельно допустимые концентрации токсических веществ используются на практике для оценки санитарной обстановки на производстве, эффективности оздоровительных мероприятий, например вентиляции, а также при проектировании новых цехов и пр.

При обосновании ПДК производственных ядов исходят из:

- а) учета физико-химических свойств вещества;
- б) результатов экспериментальных исследований;
- в) данных гигиенических наблюдений на производстве, материалов о состоянии здоровья и заболеваемости рабочих.

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия (LIMch).

Предельно допустимая концентрация устанавливается на уровне в 2-3 раза и более низком, чем LIMch. Этот коэффициент снижения называется «коэффициентом запаса» («индекс безопасности», «коэффициент прочности»).

Это можно выразить в виде формулы:

$$\text{ПДК} = \text{LIMch} / K,$$

где K – коэффициент запаса.

Величина K тем больше, чем уже зона острого токсического действия, выраженнее кумулятивные свойства, шире зона хронического токсического действия. При



обосновании коэффициента запаса учитываются КВНО, возможность кожно-резорбтивного действия: чем они значительнее тем больше избираемый коэффициент запаса.

### 3. Коэффициент аномальности, коэффициент концентрации.

Техногенное загрязнение сказывается в первую очередь на функционировании экологических систем и определяется способностью химических элементов включаться в природные циклы миграции. При этом биотические компоненты экосистем поглощают содержащиеся в почве, воде и атмосфере химические элементы в определенном соотношении и производят их направленное перераспределение.

Прогноз возможных экологических последствий антропогенного воздействия нельзя вести без знаний закономерностей миграции элементов через экосистемы. Таким образом, первым принципиальным положением оценки техногенного загрязнения является установление форм миграции токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть) и элементов, необходимых для обеспечения нормальной жизнедеятельности организмов (медь, кобальт, марганец, мышьяк, молибден и др.). При этом необходимо знание путей миграции элементов по всем звеньям трофической цепи, вторым принципиальным положением при выявлении техногенного загрязнения является выбор оцениваемых элементов и достоверное определение их фоновых содержаний в различных средах.

#### Техногенные геохимические аномалии

Выявление техногенных аномалий является одной из важнейших эколого-геохимических задач при оценке состояния окружающей среды. Эти аномалии образуются в ландшафтах в результате поступления различных веществ от техногенных источников и представляют собой некоторый объем, в пределах которого значения аномальных концентраций элементов ( $C_a$ ) больше фоновых значений ( $C_f$ ). Техногенные аномалии искусственных веществ (пестицидов и др.) выделяются в основном по санитарно-гигиеническим, а не геохимическим критериям.

Если техногенная аномалия имеет четкую пространственную и генетическую связь с конкретным источником загрязнения, то такая аномалия называется техногенным ореолом рассеяния. Они фиксируются главным образом в депонирующих средах - почвах, донных отложениях, растениях, снежном покрове. В транзитных средах - воздухе, водах, частично донных отложениях, аномалии именуются техногенными потоками рассеяния.

По распространенности выделяются следующие техногенные аномалии: глобальные - охватывающие весь земной шар (повышенное содержание  $CO_2$  в атмосфере, накопление искусственных радионуклидов после ядерных взрывов); региональные - формирующиеся в отдельных частях континентов, природных зонах и областях в результате применения ядохимикатов, минеральных удобрений, подкисление атмосферных осадков выбросами соединений серы и др.; локальные - образующиеся в атмосфере, почвах, водах, растениях вокруг местных техногенных источников: заводов, рудников и т.д. Сравнительно локальные источники загрязнения, сливаясь, могут привести к образованию техногенных аномалий регионального масштаба (крупные промышленные агломерации).

По влиянию на окружающую среду техногенные аномалии делятся на три типа. Полезные аномалии улучшают состояние окружающей среды. Это известкованные кислые почвы, добавки Na J и KJ к поваренной соли в районах развития эндемического зоба, фторированная питьевая вода, и т.д. Вредные аномалии ухудшают состояние природной среды в результате появления повышенных концентраций токсичных веществ, отрицательно влияющих на живые организмы. Большинство техногенных аномалий относятся к этому типу. Нейтральные аномалии не оказывают влияния на качество окружающей среды (золото в банках, железо в городах и др.).

Как правило, техногенные аномалии образуются в нескольких компонентах ландшафта. По длительности действия источника загрязнения они делятся на: кратковременные (аварийные выбросы и т.д.), средневременные (с прекращением

воздействия - разработка месторождений полезных ископаемых),долговременные стационарные (аномалии заводов, городов, агроландшафтов).

Количественные показатели загрязнения.

Понятие аномальности тесно связано с представлениями о геохимическом фоне. При оценке техногенных аномалий фоновые территории выбираются вдали от локальных техногенных источников загрязняющих веществ, как правило, более чем в 30 - 50 км. Одним из критериев аномальности служит коэффициент техногенной концентрации или аномальности  $K_c$ , представляющий собой отношение содержания элемента в рассматриваемом аномальном объекте к его фоновому содержанию в компонентах ландшафта.

Техногенные аномалии обычно имеют полиэлементный состав, в связи с чем Ю.Е. Саетом предложен суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ), характеризующий степень загрязнения депонирующей среды (почва) группой элементов относительно фона:  $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$ ,

где  $K_c$  – коэффициенты техногенной концентрации больше 1 (или 1,5),  $n$  – число элементов с  $K_c > 1$  (или 1,5). Суммарные показатели загрязнения рассчитываются для таких компонентов ландшафта, как почвы, снег, растения, донные отложения.

Опасность загрязнения почв по суммарному показателю определяется в соответствии со шкалой: допустимая  $Z_c < 16$ , умеренно опасная 16-32, опасная 32-128, чрезвычайно опасная  $> 128$ .

### **1. 7 Лекция № 7 ( 2 часа).**

**Тема:** Экотоксикодинамика.

#### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Общие понятия.
2. Экотоксичность.
3. Острая экотоксичность.
4. Хроническая экотоксичность.
5. Механизмы экотоксичности

#### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общие понятия

Экотоксикодинамика – раздел экотоксикологии, рассматривающий конкретные механизмы развития и формы токсического процесса, вызванного действием экотоксикантов на биоценоз и/или отдельные виды, его составляющие.

Механизмы, посредством которых вещества могут вызывать неблагоприятные эффекты в биогеоценозах, многочисленны и, вероятно, в каждом конкретном случае уникальны. Вместе с тем, они поддаются классификации. Так, можно выделить прямое, опосредованное и смешанное действие экотоксикантов.

Прямое действие – это непосредственное поражение организмов определенной популяции или нескольких популяций экотоксикантом или совокупностью экотоксикантов данного ксенобиотического профиля среды.

Опосредованное – это действие ксенобиотического профиля среды на биотические или абиотические элементы среды обитания популяции, в результате которого условия и ресурсы среды перестают быть оптимальными для её существования.

Многие токсиканты способны оказывать как прямое, так и опосредованное, т.е. смешанное действие. Примером веществ, обладающих смешанным механизмом экотоксического действия, являются, в частности, гербициды 2,4,5-Ти 2,4-Д, содержащие в качестве примеси небольшое количество 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-р-диоксин(ТХДД). Широкое использование этих веществ американской армией во Вьетнаме нанесло значительный ущерб растительному, животному миру страны и непосредственно здоровью людей.

2. Экотоксичность

По С.А. Куценко (2002), экотоксичность – это способность данного ксенобиотического профиля среды вызывать неблагоприятные эффекты в соответствующем биоценозе. В тех случаях, когда нарушение естественного ксенобиотического профиля связано с избыточным накоплением в среде лишь одного поллютанта, можно условно говорить об экотоксичности только этого вещества.

Неблагоприятные экотоксические эффекты, как отмечает этот же автор, целесообразно рассматривать:

- на уровне организма (аутэкотоксические) – проявляются снижением резистентности к другим действующим факторам среды, понижением активности, заболеваниями, гибелью организма, канцерогенезом, нарушениями репродуктивных функций и т.д.;

- на уровне популяции (демэкотоксические) – проявляются гибелью популяции, ростом заболеваемости, смертности, уменьшением рождаемости, увеличением числа врожденных дефектов развития, нарушением демографических характеристик (соотношение возрастов, полов и т.д.), изменением средней продолжительности жизни, культурной деградацией;

- на уровне биогеоценоза (синэкотоксические) – проявляются изменением популяционного спектра ценоза вплоть до исчезновения отдельных видов и появления новых, не свойственных данному биоценозу, нарушением межвидовых взаимоотношений.

В случае оценки экотоксичности лишь одного вещества в отношении представителей только одного вида живых существ в полной мере могут быть использованы качественные и количественные характеристики, принятые в классической токсикологии (величины острой, подострой, хронической токсичности, дозы и концентрации, вызывающие мутагенный, канцерогенный и иные виды эффектов и т.д.). Однако в более сложных системах экотоксичность цифрами (количественно) не измеряется, она характеризуется целым рядом показателей качественно или полуквантитативно через понятия «опасность» или «экологический риск».

В зависимости от продолжительности действия экотоксикантов на экосистему можно говорить об острой и хронической экотоксичности.

**Острая экотоксичность.** Острое токсическое действие веществ на биоценоз может явиться следствием аварий и катастроф, сопровождающихся выходом в окружающую среду большого количества относительно нестойкого токсиканта или неправильного использования химикатов.

Острое экотоксическое действие не всегда приводит к гибели или острым заболеваниям людей или представителей других биологических видов, подвергшихся воздействию. Так, среди отравляющих веществ, применявшихся в первую мировую войну, был и сернистый иприт. Это вещество, являясь канцерогеном, стало причиной поздней гибели пораженных от новообразований.

**Хроническая экотоксичность.** Хроническое поражение возникает при длительном воздействии небольших концентраций. С хронической токсичностью веществ, как правило, ассоциируются сублетальные эффекты. Часто при этом подразумевают нарушение репродуктивных функций, иммунные сдвиги, эндокринную патологию, пороки развития, алергизацию и т.д. Однако хроническое воздействие токсиканта может приводить и к смертельным исходам среди особей отдельных видов.

Эффект длительного воздействия диоксида серы может быть очень заметен. Исследования растительности в районе металлургических печей в Онтарио (Канада) показали, что на расстоянии 16 км от них произрастало в нормальном состоянии 25 видов растений, а по мере приближения к печам их количество уменьшалось. На расстоянии ближе 1,6 км не произрастало ни одного растения.

**Механизмы экотоксичности.** В современной литературе приводятся многочисленные примеры механизмов действия химических веществ на живую природу, позволяющие оценить их сложность и неожиданность:

1. Прямое действие токсикантов, приводящее к массовой гибели представителей чувствительных видов. Применение эффективных пестицидов приводит к массовой гибели вредителей: насекомых (инсектициды) или сорняков (гербициды). На этом экотоксическом эффекте строится стратегия использования химикатов. Однако в ряде случаев отмечаются сопутствующие негативные явления. Так, в Швеции в 1950–60 гг. для обработки семян зерновых культур широко использовали метилртутьдицианамид. Концентрация ртути в зерне составляла более 10 мг/кг. Периодическое склевывание протравленного семенного зерна птицами привело к тому, что через несколько лет была отмечена массовая гибель фазанов, голубей, куропаток и других зерноядных пернатых от хронической интоксикации ртутью.

При оценке экологической обстановки необходимо иметь в виду основной закон токсикологии: чувствительность различных видов живых организмов к химическим веществам всегда различна. Поэтому появление поллютанта в окружающей среде даже в малых количествах может быть пагубным для представителей наиболее чувствительного вида. Так, хлорид свинца убивает дафний в течение суток при содержании его в воде в концентрации около 0,01 мг/л, малоопасной для представителей других видов.

2. Прямое действие ксенобиотика, приводящее к развитию аллобиотических состояний и специальных форм токсического процесса. В конце 1980-х годов в результате вирусных инфекций в Балтийском, Северном и Ирландском морях погибло около 18 тысяч тюленей. В тканях погибших животных находили высокое содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ). Известно, что ПХБ, как и другие хлорсодержащие соединения, такие как ДДТ, гексахлорбензол, диелдрин, обладают иммуносупрессивным действием на млекопитающих. Их накопление в организме и привело к снижению резистентности тюленей к инфекции. Таким образом, непосредственно не вызывая гибели животных, поллютант существенно повышал их чувствительность к действию других неблагоприятных экологических факторов.

Классическим примером данной формы экотоксического действия является увеличение числа новообразований, снижение репродуктивных возможностей в популяциях людей, проживающих в регионах, загрязненных экотоксикантами (территории Южного Вьетнама – диоксин).

3. Эмбриотоксическое действие экополлютантов. Хорошо установлено, что ДДТ, накапливаясь в тканях птиц, таких как кряква, скопа, белоголовый орлан и др., приводит к истончению скорлупы яиц. В итоге птенцы не могут быть высижены и погибают. Это сопровождается снижением численности популяции птиц.

Примеры токсического действия различных ксенобиотиков (в том числе лекарственных препаратов) на эмбрионы человека и млекопитающих широко известны.

4. Прямое действие продукта биотрансформации поллютанта с необычным эффектом. Полевые наблюдения за живородящими рыбами (карпозубые) в штате Флорида позволили выявить популяции с большим количеством самок с явными признаками маскулинизации (своеобразное поведение, модификация анального плавника и т.д.). Эти популяции были обнаружены в реке ниже стока завода по переработке орехов. Первоначально предположили, что стоки содержат маскулинизирующие вещества. Однако исследования показали, что такие вещества в выбросах отсутствуют: сточная вода не вызывала маскулинизацию. Далее было установлено, что в сточных водах содержался фитостерон, (образуется в процессе переработки сырья), который, попав в воду реки, подвергался воздействию обитающих здесь бактерий и превращался при их участии в андроген. Последний и вызывал неблагоприятный эффект.

Таким образом, взаимодействие ксенобиотика с биотическим компонентом среды (микроорганизмы) может стать причиной существенных популяционных эффектов в биоценозе.

5. Опосредованное действие путем сокращения пищевых ресурсов среды обитания. Для борьбы с вредителями лесного хозяйства, гусеницами елового листовертки-почкоеда, в

одном из регионов Канады применили фосфорорганический пестицид, быстро деградирующий в среде. В результате резкого снижения числа гусениц от бескормицы погибло около 12 млн птиц.

6. Взрыв численности популяции вследствие уничтожения вида-конкурента. В США после начала применения синтетических пестицидов для борьбы с некоторыми видами вредителей растений стали интенсивно размножаться малочисленные ранее виды клещей хлопковых. Количество опасных видов таких клещей увеличилось с 6 до 16. Это явление объясняют тем, что в мире насекомых существует сложная система взаимоотношений, и количество особей в популяции растительноядных насекомых зачастую контролируется другими видами, которые либо паразитируют на этих насекомых, либо ведут себя по отношению к ним как хищники. Воздействие пестицидов может оказаться более выраженным на представителей видов-хищников. В итоге – гибель врагов приводит к взрыву численности растительноядных насекомых.

Нетрудно заметить, что приведенные в качестве примеров механизмы экотоксического действия веществ на животных при иных условиях вполне могут реализоваться и в отношении человека.

### **1.8 Лекция № 8 ( 2 часа).**

**Тема:** Экотоксикокинетика.

#### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Формирование ксенобиотического профиля. Источники поступления поллютантов в среду.
2. Персистирование.
3. Трансформация.

#### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Формирование ксенобиотического профиля. Источники поступления поллютантов в среду.

Экотоксикокинетика - раздел экотоксикологии, рассматривающий судьбу ксенобиотиков (экополлютантов) в окружающей среде: источники их появления; распределение в абиотических и биотических элементах окружающей среды; превращение ксенобиотика в среде обитания; элиминацию из окружающей среды.

К числу природных источников биодоступных ксенобиотиков, по данным ВОЗ (1992), относятся: переносимые ветром частицы пыли, аэрозоль морской соли, вулканическая деятельность, лесные пожары, биогенные частицы, биогенные летучие вещества. Другим источником ксенобиотиков в среде, значение которого неуклонно возрастает, является деятельность человека

Важнейшим элементом экотоксикологической характеристики поллютантов является идентификация их источников. Решить эту задачу далеко не просто, т.к. порой вещество поступает в среду в ничтожных количествах, иногда в виде примесей к вполне безобидным субстанциям. Наконец возможно образование экополлютанта в окружающей среде в результате абиотических или биотических трансформаций других веществ.

#### **2. Персистирование**

Многочисленные абиотические (происходящие без участия живых организмов) и биотические (происходящие с участием живых организмов) процессы в окружающей среде, направлены на элиминацию (удаление) экополлютантов. Многие ксенобиотики, попав в воздух, почву, воду приносят минимальный вред экосистемам, поскольку время их воздействия ничтожно мало. Вещества, оказывающиеся резистентными к процессам разрушения, и, вследствие этого, длительно персистирующие в окружающей среде, как правило, являются потенциально опасными экотоксикантами.

Постоянный выброс в окружающую среду персистирующих поллютантов приводит к их накоплению, превращению в экотоксиканты для наиболее уязвимого (чувствительного) звена биосистемы. После прекращения выброса персистирующего токсиканта он еще длительное время сохраняется в среде. Так, в воде озера Онтарио в 90-е

годы определяли высокие концентрации пестицида мирекс, использование которого было прекращено еще в конце 70-х годов. В водоемах испытательного полигона ВВС США во Флориде, где в 1962 - 1964 годах был с исследовательскими целями распылен Оранжевый Агент, спустя 10 лет ил содержал 10 - 35 нг/кг ТХДД (при норме, по стандартам США - 0,1 пкг/кг, России - 10 пкг/кг).

К числу веществ, длительно персистирующих в окружающей среде, относятся тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, ртуть, мышьяк, хром), полициклические полигалогенированные углеводороды (полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны, полихлорированные бифенилы и т.д.), некоторые хлорорганические пестициды (ДДТ, гексахлоран, алдрин, линдан и т.д.) и многие другие вещества.

### 3. Трансформация

Подавляющее большинство веществ подвергаются в окружающей среде различным превращениям. Характер и скорость этих превращений определяют их стойкость.

#### - Абиотическая трансформация

На стойкость вещества в окружающей среде влияет большое количество процессов. Основными являются фотолиз (разрушение под влиянием света), гидролиз, окисление.

Фотолиз. Свет, особенно ультрафиолетовые лучи, способен разрушать химические связи и, тем самым, вызывать деградацию химических веществ. Фотолиз проходит главным образом в атмосфере и на поверхности почвы и воды. Скорость фотолиза зависит от интенсивности света и способности вещества его поглощать. Ненасыщенные ароматические соединения, например полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), наиболее чувствительны к фотолизу, т.к. активно поглощают энергию света. Свет ускоряет и другие процессы деградации веществ: гидролиз и окисление. В свою очередь наличие в средах фотоокислителей, таких как озон, окислы азота, формальдегид, акролеин, органические перекиси, существенно ускоряет процесс фотолиза других поллютантов (показано для ПАУ).

- Гидролиз. Вода, особенно при нагревании, быстро разрушает многие вещества. Эфирные связи, например, в молекулах фосфорорганических соединений, высокочувствительны к действию воды, чем определяется умеренная стойкость этих соединений в окружающей среде. Скорость гидролиза сильно зависит от pH.

В результате превращения химических веществ в окружающей среде образуются новые вещества. При этом их токсичность иногда может быть выше, чем у исходного агента. Так, на рисунке 1 показано, что в результате фотоокисления паратиона в среде может образовываться параоксон. Токсичность последнего для млекопитающих в несколько десятков раз выше, чем у исходного вещества.

Еще один хорошо известный пример: образование нитрозосоединений. Так, по данным ученых США, в почве, в кислой среде, легко вступают в соединение с нитритами целый ряд пестицидов. Среди них диалкилтиокарбаматы, тиокарбамоилдисульфиды, соли феноксиуксусной кислоты и др. Образующиеся нитрозосоединения, рассматриваются в настоящее время, как возможные канцерогены.

#### - Биотическая трансформация

Абиотическое разрушение химических веществ обычно проходит с малой скоростью. Значительно быстрее деградируют ксенобиотики при участии биоты, особенно микроорганизмов (главным образом бактерий и грибов), которые используют их как питательные вещества. Процесс биотического разрушения идет при участии энзимов. В основе биопревращений веществ лежат процессы окисления, гидролиза, дегалогенирования, расщепления циклических структур молекулы, отщепление алкильных радикалов (деалкилирование) и т.д. Деградация соединения может завершаться его полным разрушением, т.е. минерализацией (образование воды, двуокиси углерода, других простых соединений). Однако возможно образование промежуточных продуктов

биотрансформации веществ, обладающих порой более высокой токсичностью, чем исходный агент. Так, превращение неорганических соединений ртути фитопланктоном может приводить к образованию более токсичных ртутьорганических соединений, в частности, метилртути. Подобное явление имело место в Японии на берегах бухты Минамато в 50 - 60х годах. Поступавшая в воду залива ртуть со стоками фабрики по производству азотных соединений, трансформировалась биотой в метилртуть. Последняя концентрировалась в тканях морских организмов и рыбы, служившей пищей местного населения. В итоге у людей, потреблявших рыбу, развивалось заболевание, характеризовавшееся сложным неврологическим симптомокомплексом, у новорожденных детей отмечались пороки развития. Всего было зарегистрировано 292 случая болезни Минамато, 62 из них закончились гибелью людей.

### **1.9 Лекция № 9 ( 2 часа).**

**Тема:** Процессы элиминации, не связанные с разрушением.

#### **1.9.1 Вопросы лекции:**

1. Биоаккумуляция.
2. Значение биоаккумуляции.
3. Биомагнификация.

#### **1.9.2 Краткое содержание вопросов:**

Некоторые процессы, происходящие в окружающей среде, способствуют элиминации ксенобиотиков из региона, изменяя их распределение в компонентах среды. Загрязнитель с высоким значением давления пара может легко испаряться из воды и почвы, а затем перемещаться в другие регионы с током воздуха. Это явление лежит в основе повсеместного распространения относительно летучих хлорорганических инсектицидов, таких как линдан и гексахлорбензол.

Перемещение ветром и атмосферными течениями частиц токсикантов или почвы, на которых адсорбированы вещества, также важный путь перераспределения поллютантов в окружающей среде. В этом плане характерен пример полициклических ароматических углеводородов (бензпирены, дибензпирены, бензантрацены, дибензантрацены и др.). Бензпирен и родственные ему соединения как естественного (главным образом вулканического), так и антропогенного происхождения (выброс металлургического, нефтеперерабатывающего производств, предприятий теплоэнергетики и т.д.) активно включаются в биосферный круговорот веществ, переходя из одной среды в другую. При этом, как правило, они связаны с твердыми частицами атмосферной пыли. Мелкодисперсная пыль (1-10 мкм) длительно сохраняется в воздухе, более крупные пылевые частицы достаточно быстро выседают на почву и в воду в месте образования. При извержении вулканов пепел содержит большое количество таких веществ. При этом, чем выше выброс, тем на большее расстояние рассеиваются поллютанты.

Сорбция веществ на взвешенных частицах в воде, с последующим осаждением приводит к их элиминации из толщи воды, но накоплению в донных отложениях. Осаждение резко снижает биодоступность загрязнителя.

Перераспределению водорастворимых веществ способствуют дожди и движение грунтовых вод. Например, гербицид атразин, используемый для защиты широколиственных растений в сельском и парковом хозяйстве США, повсеместно присутствует там в поверхностных водах. По некоторым данным до 92% исследованных водоемов США содержат этот пестицид. Поскольку вещество достаточно стойкое и легко растворимо в воде оно мигрирует и в грунтовые воды и там накапливается.

#### **1. Биоаккумуляция**

Если загрязнитель окружающей среды не может попасть внутрь организма, он, как правило, не представляет для него существенной опасности. Однако, попав во внутренние среды, многие ксенобиотики способны накапливаться в тканях (см. раздел Токсикокинетика). Процесс, посредством которого организмы накапливают токсиканты, извлекая их из абиотической фазы (воды, почвы, воздуха) и из пищи (трофическая

передача), называется биоаккумуляцией. Результатом биоаккумуляции являются пагубные последствия как для самого организма (достижение поражающей концентрации в критических тканях), так и для организмов, использующих данный биологический вид, в качестве пищи.

Водная среда обеспечивает наилучшие условия для биоаккумуляции соединений. Здесь обитают мириады водных организмов, фильтрующих и пропускающих через себя огромное количество воды, экстрагируя при этом токсины, способные к кумуляции. Гидробионты накапливают вещества в концентрациях, порой в тысячи раз больших, чем содержится в воде.

- Факторы, влияющие на биоаккумуляцию

Склонность экотоксикантов к биоаккумуляции зависит от ряда факторов. Первый - персистирование ксенобиотика в среде. Степень накопления вещества в организме, в конечном счете, определяется его содержанием в среде. Вещества, быстро элиминирующиеся, в целом, плохо накапливаются в организме. Исключением являются условия, при которых поллютант постоянно привносится в окружающую среду (регионы близ производств и т.д.). Так, синильная кислота, хотя и токсичное соединение, в силу высокой летучести не является, по мнению многих специалистов, потенциально опасным экотоксикантом. Правда, до настоящего времени не удалось полностью исключить, что некоторые виды заболеваний, нарушения беременности у женщин, проживающих близ золотодобывающих предприятий, где цианиды используются в огромных количествах, не связаны с хроническим действием вещества. После поступления веществ в организм их судьба определяется токсикокинетическими процессами (см. соответствующий раздел). Наибольшей способностью к биоаккумуляции обладают жирорастворимые (липофильные) вещества, медленно метаболизирующие в организме. Жировая ткань, как правило, основное место длительного депонирования ксенобиотиков. Так, спустя много лет после воздействия, высокое содержание ТХДД обнаруживали в биоптатах жировой ткани и плазме крови ветеранов армии США, участников вьетнамской войны. Однако многие липофильные вещества склонны к сорбции на поверхностях различных частиц, осаждающихся из воды и воздуха, что снижает их биодоступность. Например, сорбция бензпирена гуминовыми кислотами снижает способность токсиканта к биоаккумуляции тканями рыб в три раза. Рыбы из водоемов с низким содержанием взвешенных частиц в воде аккумулируют большее количество ДДТ, чем рыбы из эвтрофических водоемов с высоким содержанием взвеси. Вещества, метаболизирующие в организме, накапливаются в меньшем количестве, чем можно было бы ожидать, исходя из их физико-химических свойств. Межвидовые различия значений факторов биоаккумуляции ксенобиотиков во многом определяются видовыми особенностями их метаболизма.

## 2. Значение биоаккумуляции

Биоаккумуляция может лежать в основе не только хронических, но и отсроченных острых токсических эффектов. Так, быстрая потеря жира, в котором накоплено большое количество вещества, приводит к выходу токсиканта в кровь. Мобилизация жировой ткани у животных нередко отмечается в период размножения. В экологически неблагополучных регионах это может сопровождаться массовой гибелью животных при достижении ими половой зрелости. Стойкие поллютанты могут также передаваться потомству, у птиц и рыб - с содержимым желточного мешка, у млекопитающих - с молоком кормящей матери. При этом возможно развитие эффектов у потомства, не проявляющихся у родителей.

## 3. Биоматрификация

Химические вещества могут перемещаться по пищевым цепям от организмов-жертв, к организмам-консументам. Для высоко липофильных веществ это перемещение может сопровождаться увеличением концентрации токсиканта в тканях каждого последующего организма - звена пищевой цепи. Этот феномен называется биоматрификацией. Так, для уничтожения комаров на одном из калифорнийских озер



применили ДДТ. После обработки содержание пестицида в воде составило 0,02 частей на миллион (ppm). Через некоторое время в планктоне ДДТ определялся в концентрации 10 ppm, в тканях планктоноядных рыб - 900 ppm, хищных рыб - 2700 ppm, птиц, питающихся рыбой - 21000 ppm. То есть содержание ДДТ в тканях птиц, не подвергшихся непосредственному воздействию пестицида, было в 1000000 раз выше, чем в воде и в 20 раз выше, чем в организме рыб - первом звене пищевой цепи. В уже упоминавшейся ранее книге Рашель Карсон Молчаливая весна приводится такой пример. Для борьбы с переносчиком голландской болезни, поражающей вяза, вязовым заболонником *Scolytes multistriatus*, деревья обрабатывали ДДТ. Часть пестицида попадала в почву, где его поглощали дождевые черви и накапливали в тканях. поедающих преимущественно дождевых червей перелетных дроздов развивалось отравление пестицидом. Часть из них погибала, у других нарушалась репродуктивная функция - они откладывали стерильные яйца. В результате, борьба с заболеванием деревьев привела к почти полному исчезновению перелетных дроздов в ряде регионов США.

### **1.10 Лекция № 10 ( 2 часа).**

**Тема:** Экотоксикометрия.

#### **1.10.1 Вопросы лекции:**

1. Общая методология.

#### **1.10.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общая методология.

Экотоксикометрия - раздел экотоксикологии, в рамках которого рассматриваются методические приемы позволяющие оценить (перспективно или ретроспективно) экотоксичность ксенобиотиков.

Все виды классических количественных токсикологических исследований в полной мере используются для определения экотоксичности ксенобиотиков (см раздел Токсикометрия).

Острая токсичность экололлютантов определяется экспериментально на нескольких видах, являющихся представителями различных уровней трофической организации в экосистеме (водоросли, растения, беспозвоночные, рыбы, птицы, млекопитающие). Агентство по защите окружающей среды США требует при определении критериев качества воды, содержащей некий токсикант, определения его токсичности, по крайней мере, на 8 различных видах пресноводных и морских организмов (16 тестов).

Неоднократно делались попытки ранжировать виды живых существ по их чувствительности к ксенобиотикам. Однако для различных токсикантов соотношение чувствительности к ним живых существ различно. Более того, использование в экотоксикологии стандартных видов представителей определенных уровней экологической организации, для определения экотоксичности ксенобиотиков, с научной точки зрения, не корректно, поскольку чувствительность животных даже близких видов, порой отличается очень существенно.

При оценке экотоксичности необходимо учитывать, что хотя практически все вещества могут вызывать острые токсические эффекты, хроническая токсичность выявляется далеко не у каждого соединения. Косвенной величиной, указывающей на степень опасности вещества при его хроническом действии, является соотношение концентраций, вызывающих острые (ЛК50) и хронические (порог токсического действия) эффекты. Если это соотношение менее 10, вещество рассматривается как малоопасное при хроническом воздействии.

При оценке хронической экотоксичности вещества необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. Определение коэффициента опасности является лишь самым первым шагом по определению экотоксического потенциала вещества. В условиях лаборатории пороговые концентрации хронического действия токсикантов определяют, оценивая показатели

летальности, роста, репродуктивных способностей группы. Изучение других последствий хронического действия веществ порой может привести к иным числовым характеристикам.

2. Исследования токсичности проводят на животных, пригодных для содержания в условиях лаборатории. Получаемые при этом результаты нельзя рассматривать как абсолютные. Токсиканты могут вызывать хронические эффекты у одних видов, и не вызывать - у других.

3. Взаимодействие токсиканта с биотическими и абиотическими элементами окружающей среды может существенно сказаться на его токсичности в естественных условиях (см. выше). Однако это не подлежит изучению в условиях лаборатории.

Специфическим методом экотоксикометрии является метод оценки экологического риска.

### **1. 11 Лекция № 11 ( 2 часа).**

**Тема:** Характеристика некоторых экотоксикантов, опасных для человека.

#### **1.11.1 Вопросы лекции:**

1. Полигалогенированные ароматические углеводороды.
2. Диоксины.

#### **1.11.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Полигалогенированные ароматические углеводороды.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) это класс синтетических хлорсодержащих полициклических соединений.

Структура одного из изомеров полихлорированных бифенилов

Хлор может замещать атомы водорода при любом атоме углерода. На рисунке представлена структура 3,5,3\*,5\*-тетрахлорбифенила. Теоретически возможно существование 209 изомеров вещества.

ПХБ при остром воздействии обладают сравнительно низкой токсичностью. Сравнительное изучение изомеров показывает, что хлорзамещенные в мета- и параположении более токсичны.

Средняя смертельная доза колеблется в интервале от 0,5 до 11,3 г/кг в зависимости от строения изомера и вида экспериментального животного.

ПХБ широко использовались при производстве электрооборудования, в частности трансформаторов и усилителей, а также в качестве наполнителей при производстве красителей и пестицидов, смазочных материалов для турбин, для производства гидравлических систем, текстиля, бумаги, флуоресцентных ламп, телевизионных приемников и др. Такое широкое использование ПХБ было обусловлено их невысокой термостойкостью, химической стабильностью, диэлектрическими свойствами, что позволяло применять вещества для производства изделий, в которых применение других охлаждающих агентов было сопряжено с высокой опасностью взрывов или воспламенения.

В 70-е годы в лабораторных и натурных исследованиях была установлена высокая опасность этих веществ, обусловленная способностью персистировать в окружающей среде и токсичностью для лабораторных животных. В 1979 году производство веществ в США было запрещено.

Токсикокинетика

В организм ПХБ могут проникать через кожу, легкие и желудочно-кишечный тракт. На производстве основной способ поступления веществ - через кожные покровы, в то время как в повседневной жизни большее количество веществ поступает в организм с контаминированной пищей.

Попав в кровь, вещества быстро накапливаются в печени и мышцах, откуда, затем, перераспределяются в жировую ткань. Коэффициент распределения веществ в мозге : печени: жире составляет в среднем - 1 : 3,5 : 81.

Среднее содержание ПХБ в сыворотке крови людей, проживающих в “чистых” регионах составляет примерно 7 частей на миллиард, у лиц, профессионально контактирующих с ПХБ - может достигать 3300.

ПХБ метаболизируют в основном в печени с образованием гидроксилированных фенольных соединений, через промежуточный продукт - ареноксид. Возможно дегалогенирование соединений. Скорость метаболизма зависит от структуры изомера и вида экспериментального животного, на котором изучается процесс. Собаки и грызуны метаболизируют ПХБ с большей скоростью, чем приматы. Основные пути выведения: с желчью в содержимое кишечника и через почки с мочой.

Как и диоксины ПХБ являются индукторами Р-450-зависимых оксидаз смешанной функции в печени, легких и тонком кишечнике. Их введение в организм сопровождается усилением метаболизма других ксенобиотиков. Индукторная способность различных изомеров ПХБ неодинакова.

Степень депонирования веществ в тканях зависит от строения изомеров, пути и продолжительности проникновения их в организм, а также от пола, возраста, привычек человека (прием алкоголя). Период полувыведения из организма колеблется от 6 - 7 до 33 - 34 месяцев.

Основные проявления острой интоксикации

Проявления интоксикации ПХБ чрезвычайно напоминают эффекты, развивающиеся при отравлении диоксинами.

В эксперименте на животных подострые и хронические воздействия приводят к развитию многообразных эффектов: прогрессирующему падению веса, хлоракне, выпадению волос, отекам, инволюции тимуса и лимфоидной ткани, гепатомегалии, угнетению костного мозга, нарушению репродуктивных функций. У животных, подвергшихся воздействию ПХБ в пренатальном, неонатальном и постнатальном периоде, развиваются неврологические знаки, проявляющиеся, главным образом, нарушением поведения: склонностью к стереотипным “манежным” движениям, гипер- или гипоактивности. У взрослых животных нейротоксические свойства веществ не выявляются.

В действующих дозах вещества вызывают понижение веса иммунокомпетентных органов, включая селезенку, тимус, лимфатические узлы. Функциональное состояние иммунной системы не однозначно: при действии высоких доз ПХБ. отмечается иммуносупрессивное (снижением уровня антител, особенно IgA, IgM), а малых - активирующее (повышение уровня IgG) действие. Имеются данные об увеличении частоты инфекционных заболеваний среди животных, подвергшихся воздействию ПХБ.

Получены многочисленные данные, свидетельствующие о мутагенном и канцерогенном действии ПХБ.

Токсический процесс, вызываемый ПХБ у человека изучен недостаточно. Наиболее достоверным эффектом является патология кожных покровов, и в частности, хлоракне (см. “Диоксин”). В некоторых исследованиях выявлена связь между действием ПХБ и развитием таких общих неблагоприятных эффектов, как частая головная боль, утомляемость, нервозность.

Механизм токсического действия полигалогенированных ароматических углеводородов

Токсическое действие полигалогенированных ароматических углеводородов в настоящее время во многом связывают с их чрезвычайно высокой активностью, как индукторов ферментов гладкого эндоплазматического ретикула печени, почек, легких, кожи и других органов (микросомальных ферментов), участвующих в метаболизме чужеродных соединений и некоторых эндогенных веществ. 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксин (ТХДД) является самым сильным из известных индукторов, в частности, монооксигеназ. Его эффективная доза составляет 1 мкг/кг массы (в подавляющем большинстве случаев другие ксенобиотики проявляют свойства индукторов данной группы энзимов, действуя в значительно больших дозах - более 10 мг/кг).

Индукция активности предполагает синтез дополнительного количества того или иного фермента (белка) в органах и тканях *de novo*. Поскольку ингибиторы синтеза ДНК (гидроксимочевина) не препятствуют индукции микросомальных ферментов диоксином и диоксиноподобными веществами, а ингибиторы синтеза РНК (актиномицин Д) и белка (пурамицин, циклогексимид) блокируют процесс, делается вывод, что феномен индукции реализуется на уровне транскрипции генетической информации клетки.

В соответствии с существующими представлениями механизм действия ПАУ, и в частности ТХДД, состоит во взаимодействии вещества с цитозольными белками-регуляторами активности генов, отвечающих за синтез микросомальных ферментов. В норме, при поступлении ксенобиотиков в организм, а затем и в клетки (печень, почки и т.д.), они образуют в цитоплазме комплексы с белками-регуляторами, которые мигрируют в ядро клетки, где, взаимодействуя с ДНК, вызывают дерепрессию регуляторных генов и, тем самым, активируют синтез того или иного фермента. В случае ТХДД такой рецепторный цитоплазматический белок-регулятор идентифицирован. В частности установлено, что синтез гидроксилазы ароматических углеводородов (aryl hydrocarbon hydroxylase) в гепатоцитах мышей, чувствительных к ароматическим углеводородам, регулируется локусом единственного доминантного гена (обозначается - Ah) и может быть усилен при проникновении в ядро клетки, образуя в цитоплазме комплекс ТХДД с определенным белком. Этот цитозольный белок-регулятор гена получил название Ah-рецепторный белок.

Индукция, вызываемая полициклическими углеводородами не сопровождается выраженной пролиферацией гладкого эндоплазматического ретикулума, но существенно возрастает активность Р-450-зависимых монооксигеназ, УДФГ-трансферазы, гидроксилазы и других ферментов.

Поскольку диоксин и диоксиноподобные вещества длительное время сохраняются в организме, наблюдается стойкая индукция микросомальных ферментов. При этом существенно изменяется не только скорость, но и характер биопревращений разнообразных чужеродных веществ, поступающих в организм (ксенобиотиков) и целого ряда эндогенных (прежде всего липофильных) биологически активных веществ, метаболизируемых при участии этой группы ферментов. В частности, существенно модифицируется метаболизм стероидов, порфиринов и каротиноидов, к числу которых относятся многие гормоны, витамины, коферменты и структурные элементы клеток.

Стойкая активация диоксином биопревращения некоторых ксенобиотиков, поступающих в организм с водой, продовольствием, вдыхаемым воздухом, может приводить к усиленному образованию реактивных промежуточных метаболитов и вторичному поражению ими различных органов и тканей. Модификация обмена стероидов (андрогенов, эстрогенов, анаболических стероидов, кортикостероидов, желчных кислот), порфиринов (простетические группы гемоглобина, цитохромы, витамин В12 и т.д.), каротиноидов (витамины группы "А"), как известно, сопровождается выраженным нарушением обмена веществ. И тот и другой эффект, в сочетании, проявляются клинической картиной вялотекущего токсического процесса, описание которого дано выше.

Мероприятия медицинской защиты

Специальные санитарно-гигиенические мероприятия:

- использование индивидуальных технических средств защиты (средства защиты кожи; средства защиты органов дыхания) в зоне химического заражения;
- участие медицинской службы в проведении химической разведки в районе расположения войск, экспертиза воды и продовольствия на зараженность ОБТВ;
- запрет на использование воды и продовольствия из непроверенных источников;
- обучение личного состава правилам поведения на зараженной местности.

Специальные профилактические медицинские мероприятия:

- проведение санитарной обработки пораженных на передовых этапах медицинской эвакуации.

Специальные лечебные мероприятия:

- своевременное выявление пораженных;
- подготовка и проведение эвакуации

Медицинские средства защиты

Поскольку клиника острого поражения веществами развивается крайне замедленно факт воздействия веществами, как правило, остается незамеченным. Основная задача медицинской службы, в случае появления признаков поражения у отдельных военнослужащих, сводится к организации тщательного наблюдения за состоянием здоровья всего личного состава подразделения, выявлению пораженных с признаками заболевания, снижающими их военно-профессиональную работоспособность, и их своевременной госпитализации.

Специфические антагонисты (антидоты) токсического действия полигалогенированных ароматических углеводородов отсутствуют.

## 2. Диоксины.

Являются продуктами горения, обладающими цитотоксическим действием. Механизм образования диоксинов – высокотемпературные процессы хлорирования органических веществ, пиролизическая переработка и сжигание органических соединений.

Диоксины обладают наибольшей биологической активностью в классе полигалогенированных ароматических углеводородов. Являются экотоксикантами. Они обладают высокой токсичностью, наибольшей биологической активностью, стойкостью в окружающей среде, способностью к длительной материальной кумуляции в богатых липидами тканях и прежде всего в жировой, характерным своеобразием клинических проявлений интоксикации. Диоксины очень медленно выводятся из организма. Период полувыведения ТХДД из организма человека составляет в среднем - 7 лет. Особенностью токсикокинетики диоксинов является феномен энтерогепетической рециркуляции. После поступления в кровь диоксины распределяются во всех органах и тканях, накапливаясь, как уже было сказано, в жировой ткани. Характерна большая отсроченность токсических эффектов диоксина. Токсикологические характеристики диоксинов и диоксиноподобных соединений зависят от положения атомов хлора в молекуле. Особенно токсичны вещества, содержащие галогены в тех же местах, что и в молекуле 2,3,7,8 – тетрахлордибензопарадиоксина (ТХДД) – самого токсичного из диоксинов. Семейство диоксинов очень обширное, токсичность их различна, и человек, сталкиваясь с ними, подвергается воздействию их смесей. Токсичность смесей оценивается по особым системам, где каждому соединению присваивается коэффициент токсичности относительно 2,3,7,8-ТХДД, и общая токсичность смеси выражается в эквивалентном количестве этого соединения (так называемый «диоксиновый эквивалент»).

Основная опасность диоксинов заключается не столько в острой токсичности, сколько в кумуляции действия и отдаленных последствиях хронического отравления в малых дозах.

В настоящее время место лидера полихлорбифенильных соединений занял диоксин (2,3,6,7 – тетрахлордибензопарадиоксин):

Это белое кристаллическое вещество, с температурой плавления 305,5 градусов С, температурой кипения 800 градусов С, хорошо растворяется в маслах, плохо в воде. Среди 10 млн синтезированных химических соединений диоксин – самое стойкое, его период полураспада – 10 лет. Среди 10 млн химических веществ диоксин – самое токсичное. Расчетная смертельная доза для человека при энтеральном введении равна 3,5 мкг/кг, при загрязнении через кожные покровы – 70 мкг/кг. Диоксин обладает сильнейшим эмбриотоксическим и тератогенным действием.

Патогенез

Механизм действия диоксина связан с наличием в его структуре четырех и может быть шести алкилирующих групп (четыре атома хлора и две эпоксидные группы в диоксановом кольце). Возможно «сшивание» молекулы нуклеотида в 4-6 точках. Диоксин во многом сходен с классическими алкилирующими агентами - сернистым и азотистым ипритами.

Диоксин – один из самых мощных индукторов микросомальных ферментов. А т. к. он долго присутствует в организме, наблюдается стойкая индукция микросомальных энзимов. С этим свойством связывают механизм его токсического действия. Токсическое действие диоксина связано с длительной оккупацией цитозольного Ah-рецептора клеток органов –мишеней (печени, кожи и др.), что сопровождается образованием свободных радикалов, которые активируют перекисное окисление липидов в мембране клеток и субклеточных образований, приводящих к нарушению биохимических и физиологических процессов в различных клетках. Токсическому действию подвергаются: гепатоциты, энтероциты, нервные и эмбриональные клетки. Это обуславливает многообразный характер токсического действия диоксина: токсическое поражение печени, кожи, ЦНС, синдром истощения, угнетения иммунитета и развитие инфекционных осложнений, нарушение репродуктивной функции, тератогенное и канцерогенное действие. Действие диоксинов на человека обусловлено их влиянием на рецепторы клеток, ответственных за работу гормональной системы.

#### Клиника

Обычно развивается после латентного периода, длящегося 2-3 недели и очень медленно. Поэтому факт воздействия яда остается незамеченным. Необходимо организовывать тщательное наблюдение за состоянием здоровья людей. Тяжесть поражения делится на три степени.

Легкая степень отравления – головная боль, головокружение, тошнота, рвота, диарея, конъюнктивит, кашель. Наиболее характерный и специфический признак – развитие угревой сыпи (хлоракне). Морфологическая основа хлоракне – сквамозная метаплазия эпителия сальных желез и превращение их в кератин-содержащие цисты.

Средняя степень тяжести отравления – усиливаются проявления общей интоксикации, отмечаются токсические невриты и полиневриты. Появляются анорексия, боли в области печени, раздражительность, утомляемость, бессонница. Хлоракне распространяется шире и завершается образованием глубоких рубцов или червеобразной атрофодермией.

Тяжелая степень тяжести отравления – вначале преобладают симптомы общей интоксикации (истощение, анорексия, общее угнетение, адинамия, лейкоцитоз). Позднее присоединяются симптомы органоспецифической патологии: поражение печени, тканей иммунокомпетентных систем, проявления панцитопенического синдрома и др. Характерным признаком интоксикации являются отеки. Наблюдаются тяжелые формы поражения кожи. Развивается поздняя кожная порфирия, сопровождающаяся повышением чувствительности к солнечному излучению, ранимостью кожных покровов, эритематозными и буллезными высыпаниями на открытых участках тела (по типу фотодермита) и гиперпигментацией кожи. При исследовании крови отмечаются анемия и панцитопения. Летальный исход наступает через 2-4 недели.

При не смертельных острых поражениях токсический процесс растягивается на многие месяцы, а иногда и годы.

Л.А. Федоров систематизировал признаки поражения диоксином следующим образом:

--- кожные эффекты: хлоракне, гиперкератоз, гиперпигментация, гирсутизм, эластоз;

--- системные эффекты: фиброз печени, повышение активности трансаминаз в сыворотке крови, гиперхолестеринемия, потеря аппетита, потеря массы тела, нарушения

пищеварения, боли в мышцах, увеличение лимфатических узлов, нарушения со стороны ССС, выделительной системы, дыхательных путей, поджелудочной железы;

--- неврологические эффекты: половая дисфункция, головная боль, невралгии, расстройства зрения, изменения вкуса, обоняния, слуха;

--- эффекты в отношении психической сферы: расстройства сна, депрессия. Потеря активности, нехарактерные приступы гнева.

Таким образом, на основе клинических и экспериментальных данных можно систематизировать эффекты действия диоксина следующим образом: эмбриотоксические и тератогенные эффекты; иммунотоксические эффекты; патологические изменения эпителиальных и эктодермальных тканей (чешуйчатая метаплазия кератиноцитов, трансформация клеток сальных желез с формированием «хлоракне», гипоплазия и деформация ногтей, кариозный процесс в зубах; поражение эпителия желудочно-кишечного тракта); гепатотоксическое действие; геморрагические проявления; эндокринно-токсические эффекты, нейротропное действие, канцерогенная активность.

В настоящее время считается доказанным, что диоксины являются прямыми канцерогенами для человека. Диоксины и диоксиноподобные вещества относятся к веществам первой группы опасности из-за канцерогенности.

#### Профилактика и лечение

Учитывая стойкость диоксинов в окружающей среде, необходимо иметь в виду, что проведение дегазационных мероприятий в зонах химического заражения очень затруднено. В подобных случаях проводят демонтаж и захоронение технологического оборудования. Всем членам аварийных бригад выдают 2 комплекта нательного белья с носками, трикотажные перчатки, брюки, противогазы с аэрозольным фильтром, пневмокостюмы (типа ЛГ), в которых предусмотрена подача чистого воздуха.

#### Лечение

##### Первая помощь

Надевание противогаза с аэрозольным фильтром или изолирующего противогаза. Удаление пострадавшего из зараженной атмосферы.

##### Доврачебная помощь

То же, что и выше, ингаляция кислорода. При попадании препаратов, содержащих диоксин на кожу, необходимо удалить их при помощи марлевого тампона, не втирая, а затем обработать участок кожи проточной водой в течение 15 минут.

##### Первая врачебная помощь

Проведение санитарной обработки со сменой белья, обуви и одежды, многократно промыть глаза и закапать в них несколько капель 2% раствора адреналина в новокаине. При попадании диоксина в желудок следует вызвать рвоту, немедленно промыть желудок большим (10-15 л) количеством воды, дать активированный уголь и затем солевое слабительное. Транспортировка на дальнейший этап оказания медицинской помощи в фиксированном боковом положении.

##### Квалифицированная и специализированная медицинская помощь

Лечение с помощью симптоматических и некоторых патогенетических средств с учетом ведущих симптомокомплексов в специализированных лечебных учреждениях.

Профилактика токсической гепатонефропатии: десенсибилизирующие средства, гормоны, интенсивная витаминотерапия (витамины группы В, аскорбиновая кислота, никотиновая кислота, фолиевая и липоевая кислоты, витамин А, эссенциале).

Всем членам аварийных бригад, участвующих в ликвидации последствий аварий с выбросом диоксина и диоксиноподобных соединений выдают 2 комплекта нательного хлопчатобумажного белья с носками, трикотажные перчатки, хлопчатобумажные куртки и брюки, костюмы из поливинилхлоридного пластика. Для защиты органов дыхания могут быть использованы любые противогазы с аэрозольным фильтром. Костюмы из пластика рецептур «80/277» и «80/193» отличаются морозостойкостью соответственно до -15 и -25 градусов Цельсия. Изделия из пластика рецептуры «80 АМ» армированы капроновой

сеткой. В пневмокостюмах типа ЛГ предусмотрена подача чистого воздуха. Эти костюмы можно дегазировать не снимая с работника. Комплект «КЗП-1» (куртка, брюки, плащ-халат) на основе пленочных материалов предназначен для защиты при температуре от -20 до 50 градусов Цельсия. Стирка хлопчатобумажных изделий осуществляется в мыльном растворе с применением поверхностно-активных веществ. Средства индивидуальной защиты из пластика по окончании рабочей смены подлежат очистке путем орошения и протирания 5% раствором пищевой соды, тщательному ополаскиванию проточной водой и высушиванию.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).**

**Тема:** «Токсикометрия»

**2.1.1 Цель работы:** ознакомление студентов с основными схемами оценки токсичности химических веществ, практически научиться, расчетными методами, определять показатели токсикометрии и предельно допустимые концентрации.

#### **2.1.2 Задачи работы:**

1. Освоить основные аспекты токсикометрии.
2. Провести исследования

#### **2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

ГОСТы, ОСТы, СанПиН.

#### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

**Задача 1.** Подготовить в письменном виде полные названия нормативных документов о ПДК и ПДУ вредных физических (микроклимат, вибрации, шум, инфразвук, ультразвук, неионизирующие и ионизирующие излучения, химических (газы, аэрозоли, пыли), психофизиологических (тяжесть труда – физические нагрузки и напряженность труда – нервно-психические нагрузки), биологических (микроорганизмы, биопродукты) производственных факторов, указав, кем и когда они утверждены, их официальные номера.

**Задача 2.** Подготовить в письменном виде перечень обязанностей и ответственностей работодателя по охране труда и здоровья работников согласно Федеральному закону «Трудовой кодекс Российской Федерации» 2001г., № 197-ФЗ и Федеральному закону «ОБ основах охраны труда в Российской Федерации», 1999 г. № 181-ФЗ.

**Задача 3.** Серезин А. Т., 47 лет, водитель КАМАЗа работает на автопредприятии АО «Путь». Стаж работы 27 лет. Курит, алкоголем, по его словам, не злоупотребляет. Условия труда на автопредприятии в целом удовлетворительные. Его работа заключается в перевозке грузов (в основном аппаратуры и приборов) на дальние расстояния. В режиме его работы следует отметить длительное, до 12-18 ч в сутки, пребывание. Сверхурочные работы бывают. Вождение автомобиля поочередное с едущим рядом напарником. Питание и межрейсовый отдых нерегулярные. Спать приходится в кабине на специально оборудованной кровати. Последние 10-12 лет Серезин А. Т. Часто ездит на автомобилях с истекшими сроками ремонта, что заставляет его самостоятельно ремонтировать автомашину, останавливаясь на дороге в любое время года.

Основным его рабочим местом является отапливаемая кабина с удобным креслом, широким обзором через лобовое и боковые стекла. В кабине есть возможность для отдыха и сна. По словам водителя, в ней часто пахнет выхлопными газами. Во время вынужденного ремонта в пути приходится иногда по несколько часов работать вблизи работающего двигателя. Кожные покровы в это время загрязняются маслами и бензином.



Ремонтные работы в пути обычно приходится выполнять без рукавиц и перчаток в любое время года, в том числе и зимнее.

Проведенные исследования загрязнения воздуха и других вредных производственных факторов в кабине автомобиля КАМАЗ, стоящем на улице, показали, что при работающем двигателе, закрытых дверях и окнах концентрация оксида углерода в ней составляет от 30 до 80 мг/м<sup>3</sup> (ПДК = 20 мг/м<sup>3</sup>). В предыдущие годы подобные анализы воздуха не проводились.

Результаты измерения шума показали, что в кабине его уровень 85 – 91 дБА. Параметры общей и локальной (на руле) вибрации не превышает ПДУ. Температура воздуха в зимнее время была 12 – 14°С (на улице - 9°С), относительная влажность 78%, подвижность воздуха 0,4 м/с. Физические нагрузки водителя обусловлены вынужденной фиксированной рабочей позой во время ведения автомобиля непрерывно в течение 2 – 4 ч, а иногда и более. Что касается нервно-психических нагрузок, то они заключаются в непрерывном, в течение нескольких часов вождения, восприятии разнообразнейшей информации, преимущественно с улицы, в меньшей степени с приборного щитка кабины и в немедленном сопоставлении полученных информационных сигналов, быстрой их оценке и принятии необходимого решения.

Санитарно-бытовое обеспечение, соответствующее нормативным требованиям, организовано только на автопредприятии, а не на дорожной трассе. Также обстоит и с режимом питания.

Сережин А. Т., как и его напарник обучены способам оказания первой доврачебной медицинской помощи. В кабине есть медицинская аптечка.

Предрейсовый медицинский осмотр Сережин А. Т. Проходит лишь на автопредприятии перед выездом в дальний рейс. На дорожной трассе осмотр не проводится. Проходил ли предварительный медицинский осмотр перед поступлением на работу в данное автопредприятие, Сережин А. Т. из-за его давности не помнит. Периодические медицинские осмотры в связи с вредными и опасными условиями труда, проводимые медицинской комиссией местного ЛПУ, он проходил нерегулярно (раз в 2 – 3 года). Признаков профессионального отравления у Сережина А. Т. до этого времени не выявлялось. Ранее комиссия диагностировала у него такие заболевания: геморрой и варикозное расширение вен. Здоровье напарника удовлетворительное. Среди водителей автопредприятия за последние десять лет зарегистрированы: профессиональный дерматоз и вибрационная болезнь.

На последнем периодическом медицинском осмотре Сережину А. Т. выставлено подозрение на хроническое отравление оксидом углерода.

Составить санитарно-гигиеническую характеристику условий труда водителя автомобиля КАМАЗ в связи с подозрением у него профессионального отравления.

**Задача 4.** Дать анализ санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника литейного цеха в связи с подозрением о наличии у него профессионального заболевания (отравления) и наметить меры по улучшению условий труда и сохранению его здоровья.

Необходимо сделать обоснованное письменное заключение об условиях труда и состоянии здоровья работников литейного цеха, используя данные санитарно-гигиенической характеристики условий труда.

Надо выполнить следующие операции:

1. Определить условия труда в соответствии с руководством Р 2.2.755 – 99, составив соответствующие таблицы.

2 . Определить, достоверна (или недостоверна) производственно обусловленная заболеваемость.

3 . Определить официальный и фактический уровни (абсолютный риск) профессиональной заболеваемости.

4 . Произвести расчет данных об официальном и фактическом количестве профессиональных заболеваний на 10 000 работников в литейном цехе.

5 . Сделать истинный прогноз профессиональной заболеваемости для всех литейных цехов административного субъекта страны, если во всех его литейных цехах работает 7150 трудящихся.

6 . Определить предполагаемые причины, которые были основой создания неблагоприятных условий труда и ухудшения состояния здоровья работников.

7 . Предложить перечень мероприятий по оздоровлению условий труда и здоровья работников литейного цеха в такой последовательности: а) технические и технологические; б) санитарно-технические; в) санитарно-гигиенические; г) медико-профилактические мероприятия.

*Санитарно-гигиеническая характеристика условий труда и состояния здоровья работников литейного цеха и мероприятия по их улучшению*

В литейном цехе производят отливки металлических труб. Сырьем для отливки служат чушки железа, песок, химические добавки. Начало производства – землеприготовительное отделение, в котором на бегунах изготавливают формовочные стержневые смеси из песка с добавлением химических крепителей. Далее ленточными транспортерами формовочная смесь поступает на формовочные агрегаты, механически загружается в них и уплотняется путем непрерывного (в течение полутора минут) встряхивания. Работники вручную кладут и снимают верхнюю крышку формы. Полученные стержни на автокарах перевозят в заливочный цех и вручную укладывают в опорки, расположенные на конвейере. Одновременно в плавильном отделении идет изготовление заливочной смеси.

Плавильная печь в верхней части механическим путем загружается металлическими чушками, известняковыми добавками и твердым топливом. Через несколько часов из нижнего отверстия плавильной печи производится заливка в ковш расплавленного металла с температурой более 1200°C и его транспортирование с помощью мостового крана к заливочной площадке. На ней в стоящие на конвейерах опоки заливают жидкий металл и тем же конвейером перемещают в коридор для остывания. После этого их тем же конвейером перевозят на вибрационную площадку, на которой еще не остывшее, но уже получившее необходимую форму изделие отделяется от формовочной горелой земли, оставаясь на площадке, а земля проваливается через решетку и транспортом передается в землеприготовительное отделение.

В цехах работает 372 работника. Их возраст от 25 до 57 лет, из них 15 женщин в землеприготовительном отделении. Стаж работы колеблется от 5 до 30 лет. Цех расположен в помещении с двусторонним боковым естественным освещением. Светового фонаря нет. Отделения землеприготовительное и формовочное, плавильное и заливочное, обрубное и выбивное – попарно расположены в одних помещениях.

Искусственное освещение – в общей системе освещения. Вентиляция механическая. Над местами пересыпки формовочной земли, по бокам вибрационных площадок над загрузочным и разгрузочным отверстиями плавильной печи имеются укрытия с оборудованными местными отсосами. Воздушных душей в цехе нет. Санитарно-бытовые помещения состоят из гардеробных, умывальных комнат, туалетов. Мест для приема пищи нет.

Молока работники не получают. Спецдеждой снабжаются в соответствии с нормами выдачи. Стирают спецдежду сами работники.

Таблица 1

**Микроклимат в летнее время (температура воздуха на улице +21°C)**

Отделение	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Подвижность воздуха, м/с	Инфракрасная радиация, Вт/м <sup>2</sup>
Землеприготовительное	24	61	1,5	Нет
Формовочное	25	67	1,5	Нет
Плавильное	31	35	2,5	200
Заливочное	33	32	2,1	180
Обрубочное и выбивное	28	44	1,8	110

Таблица 2

### Запыленность и загазованность воздуха

Отделение	Пыль мг/м <sup>3</sup>	СО, мг/м <sup>3</sup>	Акролен, мг/м <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Землеприготовительное	15	16	0,1	10
Формовочное	21	18	0,3	16
Плавильное	8	42	0,05	64
Заливочное	4	58	0,5	65
Обрубочное и выбивное	25	44	0,9	50

Примечание. В пыли содержится 85 % кристаллического SiO<sub>2</sub>.

Таблица 3

### Параметры физических нагрузок (средние величины)

Отделение	Совершенная работа, кДж	Суммарная масса перемещаемая за 1 час, кг <sup>*3</sup>	Число (> 30 град) вынужденных наклонов корпуса за смену
Землеприготовительное	742 <sup>*1</sup>	440	350
Формовочное	764	670	150
Плавильное	652	720	170
Заливочное	300,5	690	98
Обрубочное и выбивное	86 <sup>*2</sup>	870	55

\*<sup>1</sup> Перенос тяжестей на расстояние более 5 м.

\*<sup>2</sup> Региональная нагрузка, перенос тяжестей на расстояние до 5 м.

\*<sup>3</sup> С подъемом тяжестей с пола.

Таблица 4

### Характеристика освещения

Отделения	Коэффициент естественной освещенности, %	Искусственная освещенность, лк
Землеприготовительное	0,1	30

Формовочное	0,1	45
Плавильное	0,2	70
Заливочное	0,2	40
Обрубочное и выбивное	0,4	120

### *Состояние здоровья работников*

В литейном цехе периодические медицинские осмотры проходят все работники ежегодно. Каждый год официально регистрируют два – три случая профессиональных заболеваний (вибрационной болезнью, силикозом, сенсоневральной тугоухостью, пылевым бронхитом, миофиброзом рук). Но на углубленном медицинском осмотре квалифицированной комиссией было диагностировано 13 случаев профессиональных заболеваний.

#### **Задача 5.**

1. Расставьте вредные производственные факторы по степени его наличия во всех профессиях и определите, какой из них наиболее часто встречается (в процентах).

2. Назовите по три – четыре профессии, в которых чаще встречаются наиболее и наименее вредные производственные факторы.

3. В каких профессиях главными вредными производственными факторами (они обозначены первыми) являются: физические и нервно-психические перегрузки, нервно-психические перегрузки, запыленность воздуха, шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат, неионизирующие излучения, химические соединения, биологические факторы, ионизирующие излучения.

4. Расставьте профессиональные заболевания по частоте их возникновения во всех профессиях и определите, какие из них наиболее часто встречаются (в процентах).

5. Назовите по три – четыре профессии, в которых отмечены наиболее часто и наиболее редко встречающиеся профессиональные заболевания.

6. В каких профессиях наиболее часты профессиональные заболевания (они названы первыми) согласно официальному «Списку профессиональных заболеваний», утвержденному Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации: опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, от воздействия пыли, от воздействия вибрации, нервно-сенсорная тугоухость, отравления, от нагревающего, от охлаждающего микроклимата, от неионизирующего и от ионизирующего излучений, от биологических вредных производственных факторов.

7. Назовите наиболее часто встречающиеся производственно обусловленные заболевания.

8. Назовите по три – четыре профессии, в которых наиболее часто и наиболее редко встречаются производственно обусловленные заболевания.

**Задача 6.** Деловая игра. Проверка специалистом по охране труда предписания о выполнении на предприятии мер по предотвращению производственных травм.

На предприятии за последние полгода произошли две травмы. В цехе, где работники периодически переносили вручную детали, из-за внезапного падения работников у одного из них произошел перелом предплечья левой руки, у другого – вывих левого плечевого сустава. Комиссия, расследовавшая обстоятельства этих травм, определила их как производственные и назвала общую причину – низкий уровень искусственной освещенности – 15 лк, что в несколько раз ниже нормативного.

В предписании было предложено руководителю предприятия в месячный срок довести уровень искусственной освещенности до нормативного.

Проверка выполнения предписания показала, что работодатель не выполнил требования по охране труда, и возникла необходимость личной встречи с руководителем предприятия.

Действующие лица: работодатель, инженер по охране труда предприятия, специалист по охране труда, врач по гигиене труда Роспотребнадзора Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, секретарь руководителя предприятия, врач здравпункта предприятия.

**Задачи проверяющих.**

1. Установить причины невыполнения предписания.
2. Дать объективную оценку причин невыполнения предписания.
3. Определить лицо, виновное в невыполнении предписания;
4. Дать оценку проступка виновного и предложить меру его наказания в соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации.

*Примечание.* Перед окончанием беседы секретарь руководителя предприятия входит в его кабинет и сообщает о новом случае травмы в этом же цехе.

Выберите один из двух вариантов действий всех присутствующих:

вариант 1 – все идут в цех, где произошла травма, на месте решают что делать, и возвращаются для завершения совещания;

вариант 2 – руководитель отдает секретарю указание что делать, и совещание продолжается.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Согласно какому документу проходит классификация отитологическому причинному признаку?
2. Что лежит в основе профилактических мероприятий?
3. Какое самое распространенное нарушение «работодателя» в отношении проф. осмотров?
4. Каким нормативным документом регламентируются вредные вещества?
5. Чем должен руководствоваться «работодатель» в плане охраны труда?
6. Что влияет на параметры физической нагрузки?

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **3.1 Практическое занятие № 1 (2 часа).**

**Тема:** «Введение»

##### **3.1.1 Задание для работы:**

1. Человек - один из основных биологических объектов изучения экотоксикологии.
2. Окружающая среда - активный компонент, влияющий на проявление токсичности.
3. Защита людей и биоты в целом от вредных веществ

##### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

1. Человек - один из основных биологических объектов изучения экотоксикологии.  
Один из основных биологических объектов изучения экотоксикологии — человек. С этой точки зрения, экотоксикология призвана решать одну из важных проблем экологии человека — защиту здоровья людей от поражения находящимися в окружающей среде вредными веществами. В отличие от традиционной, современная экотоксикология изучает токсические эффекты не только на организменном, но и преимущественно на популяционном и биоценотическом уровнях. Вторая её особенность заключается в том, что при изучении токсических эффектов особое значение придается окружающей среде как активному компоненту, влияющему на проявление токсичности. Таким образом, осуществляется системный подход к решению проблем защиты людей и биоты в целом от

вредных веществ. Цели и задачи: изучение типов экотоксичности, их механизмов, последствия.

2. Окружающая среда - активный компонент, влияющий на проявление токсичности.

Видовые различия и чувствительность к ядам. О различной видовой чувствительности к ядам известно давно. Знание особенностей возникновения, развития и протекания интоксикации у животных различных видов очень важно для токсикологов потому, что данные о токсичности тех или иных вредных веществ, получаемые в экспериментальных условиях в опытах на животных (например, белые мыши и крысы), чаще всего экстраполируются на человека. В ряде случаев различия в чувствительности человека и животных к ядам обусловлены особенностями обмена веществ, различиями в продолжительности жизни, массой тела и др.

Влияние пола в формировании токсического эффекта не является однозначным. К некоторым ядам более чувствительны женщины, к другим — мужчины. Это в первую очередь обусловлено специфическими признаками поражения (влияние на гонады мужчин или женщин, эмбриотоксическое действие). Отмечается большая чувствительность женского организма к действию некоторых органических растворителей, например бензола. Некоторые яды, например соединения бора, марганца, обладают избирательной токсичностью в отношении гонад мужского организма.

Влияние возраста на проявление токсического эффекта при воздействии на организм различных ядов не является одинаковым. Одни яды оказываются более токсичными для молодых, другие — для пожилых, токсический эффект третьих не зависит от возраста. Известна большая устойчивость детского организма (до 5 лет) к гипоксии (кислородному голоданию) и выраженная чувствительность к ней подростков и юношей, а также стариков. При отравлениях токсическими веществами, вызывающими гипоксию, эти различия особенно заметны.

Индивидуальная чувствительность к ядам выражена довольно значительно и зависит от особенностей течения биохимических процессов у разных лиц (так называемая биохимическая индивидуальность). Индивидуальная чувствительность определяется и состоянием здоровья. Снижению сопротивляемости способствуют хронические инфекции, например туберкулез.

На чувствительность организма к ядам оказывает влияние и характер труда. При тяжелой физической работе усиливаются процессы дыхания и кровообращения, что ведет к ускоренному поступлению яда в организм.

Пути поступления и судьба ядов в организме. Производственные яды могут поступать в организм через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу, а также через слизистые оболочки глаз.

Поступление ядов через дыхательные пути. Так проникают в организм яды в виде газов, паров, аэрозолей, а также паро-газо-аэрозольных смесей. Попадание ядов через желудочно-кишечный тракт возможно при заглатывании со слюной из носоглотки, а также в результате несоблюдения правил личной гигиены или с пищей и питьевой водой. Через кожу проникают в основном вещества, хорошо растворимые в жирах и воде, в частности органические растворители, а также соли некоторых металлов, например ртути, свинца и др.

В быту, медицинской практике существуют и другие пути поступления химических компонентов в организм: внутривенный, подкожный, внутримышечный, полостной.

Большая часть производственных отравлений возникает в результате вдыхания токсических газов, паров, туманов, аэрозолей. Этому способствуют большая поверхность легочной ткани (100...120 м<sup>2</sup>), быстрота поступления в кровь и отсутствие дополнительных барьеров на пути яда из вдыхаемого воздуха в различные органы и

системы. Дополнительную роль играют повышенная легочная вентиляция и усиление кровотока в легких при работе, особенно физической.

На быстроту поступления токсических веществ из воздуха в кровь влияет их растворимость в воде.

Чем выше концентрация яда в альвеолярном воздухе и больше растворимость его в воде, тем быстрее поступает он в кровь и тем выше его концентрация в ней.

Некоторые пары и газы (HCl, HF, SO<sub>2</sub>, пары неорганических кислот и др.) подвергаются химическим превращениям непосредственно в дыхательных путях, поэтому их задержка в организме происходит с более постоянной скоростью. Кроме того, они обладают способностью разрушать саму альвеолярную мембрану, нарушать ее барьерную и транспортную функции, что ведет к развитию токсического отека легких. При многих производственных операциях образуются аэрозоли (пыль, дым, туман). Они представляют собой смесь частиц в виде минеральной пыли (угольная, силикатная и др.), окислов металлов, органических соединений и пр.

В дыхательных путях происходит два процесса: задержка и выделение поступивших частиц. На процесс задержки влияет агрегатное состояние аэрозолей и их физико-химические свойства (размер частиц, форма, гигроскопичность, заряд и пр.). В верхних дыхательных путях задерживается 80...90 % частиц величиной до 10 мкм, в альвеолярную область поступает 70...90 % частиц размером 1...2 мкм и менее.

Поступление ядов через желудочно-кишечный тракт. Некоторые ядовитые соединения могут всасываться уже из полости рта, поступая непосредственно в кровь. Из полости рта всасываются все липидорастворимые соединения, фенолы, некоторые соли, особенно цианиды.

Резорбция яда из желудка зависит в значительной степени от реакции желудочного сока, образования слизи, характера пищи, а также кровоснабжения слизистой оболочки желудка. Кислая среда желудочного сока может увеличивать токсичность некоторых веществ. Так, соединения свинца, плохо растворимые в воде, хорошо растворяются в желудочном соке и поэтому легко всасываются. Из желудка всасываются все липидорастворимые соединения, молекулы органических веществ.

Всасывание ядов происходит также и в тонком кишечнике. На резорбцию ядов при этом существенно влияют изменения реакции среды, ферменты, свойства соединения. А такие, например, металлы, как церий, медь, уран, соединения ртути, повреждают эпителиальный покров и нарушают всасывание.

Поступление ядов через кожу. Через неповрежденную кожу в производственных условиях может проникать значительное количество химических соединений. Существуют три пути возможного проникновения ядов через кожу: через эпидермис, волосяные фолликулы и выводные протоки сальных и потовых желез.

Потенциальную опасность представляют вредные вещества, обладающие не только растворимостью в жирах, но и значительной растворимостью в воде (крови).

Среди органических производственных ядов, вызывающих интоксикацию при проникновении через кожу, наиболее опасны ароматические нитро- и аминоксоединения, фосфорорганические инсектициды, некоторые хлорированные и металлоорганические соединения. Электролиты через неповрежденную кожу практически не проникают. Повреждения кожи, безусловно, способствуют проникновению токсических веществ в организм.

Распределение ядовитых веществ в организме подчиняется определенным закономерностям. Первоначально происходит динамическое распределение вещества в соответствии с интенсивностью кровообращения. Затем основную роль начинает играть сорбционная способность тканей. Существуют три главных бассейна, связанных с распределением вредных веществ: внеклеточная жидкость (14 л для человека массой 70 кг), внутриклеточная жидкость (28 л) и жировая ткань. Поэтому распределение веществ

зависит от таких физикохимических свойств, как водорастворимость, жирорастворимость и способность к диссоциации.

Для липидорастворимых веществ наибольшей емкостью, например, обладает жировая ткань и органы, богатые липидами (костный мозг, семенники и некоторые другие). Для ряда металлов (серебро, марганец, хром, кобальт, ванадий, кадмий, цинк) характерно достаточно быстрое исчезновение их из крови с наибольшим накоплением в печени и почках. Остальные органы равномерно включаются в распределение элементов.

Растворимые и хорошо диссоциирующие соединения свинца, бериллия, бария, урана, склонные к образованию прочных связей с кальцием и фосфором, накапливаются преимущественно в костной ткани.

Превращение вредных веществ в организме. Чужеродные органические соединения в организме претерпевают широкий ряд метаболических превращений.

После первичных реакций биотрансформации ядовитые соединения могут присоединять химически активные группы (ОН, COOH, NH<sub>2</sub>SHи др.), которые вступают в реакцию с глюкуроновой кислотой, сульфатом, уксусной кислотой, некоторыми аминокислотами. В результате образуются более полярные молекулы, легко выделяющиеся из организма с мочой. Таким образом, в организме трансформируются фенолы, спирты, карбоновые кислоты, аминокислоты и др.

Металлы и их соединения, попадая в организм, могут многократно менять свою форму. Большую часть пребывания в организме они существуют в виде комплексов с белками. Щелочные металлы содержатся в жидкой фазе в ионной форме, частично образуют непрочные, легко гидролизующиеся комплексы. С аминокислотами через SH-группы соединяются ртуть, свинец, кобальт, кадмий; через COOH-группы медь, никель, цинк. Металлы, преимущественно с переменной валентностью, подвергаются в организме восстановлению и окислению. Так, пятивалентный мышьяк восстанавливается в организме до более токсичного трехвалентного.

Комбинированное действие ядов. Изолированное действие ядов на производстве, особенно в химической промышленности, встречается редко. Обычно работающие подвергаются одновременному воздействию не нескольких веществ, т. е. имеет место комбинированное действие ядов. Например, на металлургических заводах встречается комбинация оксид углерода + сернистый газ, при взрывных работах в шахтах — оксид углерода + оксиды азота и т. д. В реальной обстановке число одновременно присутствующих в воздухе рабочей зоны вредных веществ может быть значительным, что особенно наглядно при работах с растворителями при нанесении лакокрасочных покрытий (выделение паров эфиров, спиртов, бензола и его гомологов и т. д.). Возм. также комбинированное действие, как нескольких производственных ядов, так и производственных и бытовых, например алкоголя.

Комбинированное действие вредных веществ — это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько видов комбинированного действия ядов (рис. 2):

1. Однородное действие - компоненты смеси действуют на одни и те же системы в организме, при количественно одинаковой замене их друг другом токсичность смеси не изменяется. В этих случаях говорят о простой аддитивности (от addition — сложение, дополнение) или простом суммировании: суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов.

2. Независимое действие - компоненты смеси действуют на разные системы, токсические эффекты не связаны друг с другом, и в случае их возникновения (например, гибели) они являются результатом воздействия одного или другого наиболее токсичного компонента, а не развития комбинационного эффекта.

3. Потенцированное действие (синергизм) - комбинированное действие смеси веществ, которое по своему эффекту больше, чем сумма действий отдельных веществ смеси, эффект более аддитивного.



4. Антагонистическое действие - эффект комбинированного воздействия менее ожидаемого при простой суммации, эффект менее аддитивного.

Примером однородного действия, когда наблюдается простое суммирование эффектов, является наркотическое действие смеси углеводов. Часто встречаются комбинации веществ с независимым действием (бензол и раздражающие газы, смесь взрывных газов и пылей в рудниках и т. д.).

Синергизм отмечен при совместном действии сернистого ангидрида и хлора, оксида углерода и оксидов азота, алкоголь повышает опасность отравлении анилином, ртутью.

Примером антагонистического действия может служить антидотное (обезвреживающее) взаимодействие между эзерином и атропином.

Наряду с комбинированным действием ядов воз можно и комплексное воздействие веществ, т. е. такое воздействие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (через дыхательные пути с вдыхаемым воздухом, желудок с пищей и водой, кожные покровы). В связи с нарастающим загрязнением вредными веществами окружающей человека среды значение этого вида воздействия ядов возрастает.

Сочетанное воздействие химических и физических факторов производственной среды.

Воздействие вредных химических веществ на организм человека в условиях производства не может быть изолированным от влияния других неблагоприятных факторов, таких как высокая и низкая температура, повышенная, а иногда и пониженная влажность, вибрация и шум, различного рода излучения и др. При сочетанном воздействии вредных веществ с другими факторами эффект может оказаться более значительным, чем при изолированном воздействии того или иного фактора.

Температурный фактор. При одновременном воз действии вредных веществ и высокой температуры воз можно усиление токсического эффекта. Выраженность токсического эффекта при сочетанном воздействии с повышенной температурой может зависеть от многих причин: от степени повышения температуры, пути поступления яда в организм, концентрации или дозы яда. К основным причинам следует отнести изменение функционального состояния организма, нарушение терморегуляции, потерю воды при усиленном потоотделении, изменение обмена веществ и ускорение многих биохимических процессов. Учащение дыхания и усиление кровообращения ведут к увеличению поступления ядов в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и слизистых повышает скорость всасывания вредных веществ через кожу и дыхательные пути. Высокая температура увеличивает летучесть ядов и повышает их концентрации в воздухе рабочей зоны. Усиление токсического действия при повышенной температуре (больше +25 °С) воздуха отмечено в отношении многих летучих ядов: наркотиков, паров бензина, оксидов азота, паров ртути, оксида углерода, хлорофоса и др. Понижение температуры в большинстве случаев ведет также к усилению токсического эффекта. Так, при пониженной температуре (ниже + 10 °С) увеличивается токсичность оксида углерода, бензина, бензола, сероуглерода и др.

Повышенная влажность воздуха может увеличивать опасность отравлений, в особенности ядами, раздражающими глаза. Причина, по-видимому, в усилении процессов гидролиза, повышении задержки ядов на поверхности слизистых оболочек, изменении агрегатного состояния ядов. Растворение газов и образование мельчайших капелек кислот и щелочей способствует возрастанию раздражающего действия.

Изменение барометрического давления. Возрастание токсического эффекта зарегистрировано как при повышенном, так и при понижении барометрическом давлении. При повышенном давлении возрастание токсического действия происходит по двум причинам: во- первых, вследствие усиленного поступления яда, обусловленного ростом парциального давления газов и па ров в альвеолярном воздухе и ускоренным переходом их в кровь; во-вторых, вследствие изменения многих физиологических

функций, в первую очередь дыхания, кровообращения, состояния ЦНС и анализаторов. При пониженном давлении первая причина отсутствует, но усиливается влияние второй. Например, при понижении давления до 500...600 мм рт. ст. токсическое действие оксида углерода возрастает в результате того, что влияние яда усиливает отрицательные последствия гипоксии и гиперкапнии.

Шум и вибрация. Производственный шум может усиливать токсический эффект. Это доказано для оксида углерода, стирола, алкилнитрила, крекинг-газа, нефтяных газов, аэрозоля борной кислоты.

Промышленная вибрация аналогично шуму также может усиливать токсическое действие ядов. Например, пыль кобальта, кремниевые пыли, дихлорэтан, оксид углерода, эпоксидные смолы оказывают более выраженное действие при сочетании действия с вибрацией по сравнению с воздействием чистых ядов.

Лучистая энергия. Ультрафиолетовое (УФ) облучение, не превышающее норм, может понижать чувствительность белых мышей к этиловому спирту вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого обезвреживания яда. Известно об уменьшении токсического эффекта оксида углерода при УФ облучении. Причина этого — ускорение диссоциации карбоксигемоглобина и более быстрое выведение оксида углерода из организма. Ультрафиолетовые лучи влияют на процессы взаимодействия газов в смесях, например, способствуя образованию смога из выхлопных газов автомашин. Кроме того, при УФ - облучении возможна сенсibilизация организма к действию некоторых ядов, например, развитие фотодерматита при загрязнении кожи пековой пылью.

Отрицательное действие большой дозы УФ лучей обычно усиливается высокой температурой окружающего воздуха и приводит к усилению токсичности вредных веществ.

В связи с развитием атомной энергетики все большее внимание привлекает сочетанное действие вредных веществ и ионизирующей радиации.

Острые отравления ядами с быстрым развитием гипоксического состояния (наркотики, цианиды, оксид углерода и др.) вызывают ослабление одновременного и последовательного воздействия ионизирующей радиации. Напротив, тиоловые яды (соединения тяжелых металлов и мышьяка), блокирующие сульфгидрильные группы белков, усиливают радиационное воздействие, т. е. проявляют радио-сенсibilизирующие свойства.

Физическая нагрузка, оказывающая мощное и разно стороннее влияние на все органы и системы организма, не может не отразиться на условиях резорбции, распределения, превращения и выделения ядов, а в конечном итоге - на течении интоксикации.

Динамические физические нагрузки активизируют основные вегетативные системы жизнеобеспечения - дыхание и кровообращение, усиливают активность нервной и эндокринной системы, а также многие ферментативные процессы. Увеличение легочной вентиляции приводит к возрастанию общей дозы газообразных веществ и паров, проникающих в организм через дыхательные пути. В связи с этим увеличивается опасность отравления раздражающими парами и газами, токсическими пылями.

Усиление токсичности при физических нагрузках отмечается при воздействии паров хлористого водорода, четыреххлористого углерода, свинца, оксида углерода. Физическая работа может влиять не только на “силу” действия яда, но и на локализацию повреждения — парезы и параличи при ртутной и свинцовой интоксикации развиваются в первую очередь на интенсивно работающей руке.

Таким образом, любое отравление является результатом сложного взаимодействия между организмом, ядом и многими условиями внешней среды. Каждый из указанных выше основных и дополнительных факторов сложен и изменчив в количественном, качественном отношении и во времени. Результат взаимодействия таких сложных

переменных не может быть однозначным и постоянным, поэтому его всегда следует рассматривать с вероятностной точки зрения.

### **3.2 Практическое занятие № 2 (2 часа).**

**Тема:** «Взаимодействие человека и природы. Глобальные проблемы экологии. Изучение типов экотоксичности, их механизмов, последствия»

#### **3.2.1 Задание для работы:**

Загрязнение окружающей среды, классификация по источникам и формам.

Химическое и радиоактивное загрязнение среды в комплексе антропогенных факторов воздействия на экосистемы.

Понятия "химическое загрязняющее вещество", "токсикант", "экотоксикант", "ксенобиотик"; дифференциация данных понятий. Примеры.

Основные виды химических загрязняющих веществ - потенциальных экотоксикантов.

Экотоксиканты косвенного действия. Примеры.

Экотоксиканты прямого действия. Определение. Примеры.

Острая и хроническая токсичность.

Кумуляция материальная и функциональная. Примеры.

Специальные виды действия экотоксикантов: канцерогенное, мутагенное, тератогенное, эмбриотоксическое. Примеры.

Влияние на иммунную систему и устойчивость к инфекции. Примеры.

Роль специальных форм токсического процесса в формировании отдаленных эффектов в экосистемах. Примеры.

Персистентность. Показатели устойчивости химических соединений в окружающей среде. Примеры.

Некоторые подходы к классификации экотоксикантов по времени воздействия на биологические системы и форме проявления эффекта.

Понятие о стойких органических загрязнителях (СОЗ). Примеры.

Особо опасные экотоксиканты (суперэкотоксиканты). Примеры.

#### **3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Какова судьба ядов, попавших в организм? В крови и тканях, куда они поступают с током крови, происходят процессы физико-химического взаимодействия ядов с клеточными мембранами, белковыми структурами и другими компонентами клеток и межтканевой среды. Биологическая направленность этих процессов — обезвреживание ядов различными путями.

Первый и главный путь обезвреживания - изменение химической структуры ядов. Процессы превращения ядов многообразны и в конечном итоге приводят большей частью к возникновению менее ядовитых и активных в организме веществ.

Важный второй путь обезвреживания ядов - временное депонирование. Депонирование (откладывание в тех или иных органах) является временным путем уменьшения количества циркулирующего в крови яда. Процесс этот сложен и не является полноценным методом обезвреживания, так как яды могут из депо вновь поступать в кровь, что ведет к обострению хронического отравления.

Третий путь обезвреживания ядов - выведение их из организма. Оно происходит разными путями: через органы дыхания, пищеварения, почки, кожные покровы, железы. Пути выведения ядов зависят от их физико-химических свойств и превращений в организме. Напри мер, органические соединения алифатического и ароматического рядов обычно частично выделяются в неизменном виде с выдыхаемым воздухом, а частично - в измененном виде через почки и желудочно-кишечный тракт. Тяжелые металлы, как правило, выделяются в основном через желудочно-кишечный тракт и почки.

Выделение ядов через желудочно-кишечный тракт начинается уже во рту со слюной. В слюне обнаруживаются некоторые неэлектролиты и тяжелые металлы, например ртуть, свинец и др. Ядовитые соединения, поступающие в организм, попадают в

печень. Из печени с желчью их метаболиты транспортируются в кишечник и выделяются из организма.

Печень является одним из наиболее активных органов, участвующих в обезвреживании ядов, но при этом она сама становится объектом приложения действия яда.

Почками быстро выделяются металлы, циркулирующие в виде ионов и в молекулярно-дисперсном состоянии. К ним следует отнести литий, рубидий, цезий. Хорошо экскретируются с мочой соли двухвалентных металлов (Be, Cd, Cu). Металлы могут выделяться не только в свободном, но и в связанном виде. Так, например, свинец и марганец выводятся как в ионной форме, так и в виде органических комплексов. Яды могут выделяться из организма прочими путями, например, с грудным молоком и через кожу с потом. С грудным молоком кормящих женщин выделяются хлорированные углеводороды, главным образом инсектициды (ДДТ, гепсахлоран и др.), ртуть, селен, мышьяк и др.

Через кожу выделяются из организма многие не электролиты: этиловый спирт, ацетон, фенол, фторированные углеводороды и др. Известно, что содержание сероуглерода в поте превышает его концентрацию в моче в три раза.

### **3.3 Практическое занятие № 3 (2 часа).**

**Тема:** «Природные ресурсы и рациональное природопользование»

#### **3.3.1 Задание для работы:**

Масштабы распространения экотоксикантов: локальный, региональный и глобальный уровни загрязнения. Примеры.

Ксенобиотический профиль.

Основные источники поступления экотоксикантов в окружающую среду. Примеры.

Пути и формы поступления экотоксикантов в окружающую среду. Примеры.

Детоксикация и активация химических загрязняющих веществ в окружающей среде. Примеры.

Абиотические процессы трансформации экотоксикантов. Основные типы химических реакций. Примеры.

Биотические процессы трансформации органических экотоксикантов. Основные типы химических реакций. Примеры.

Биотрансформация неорганических экотоксикантов. Основные типы химических реакций. Примеры.

Роль микроорганизмов в трансформации и минерализации органических экотоксикантов.

Микроорганизмы - деструкторы. Факторы окружающей среды, влияющие на микробиологическую трансформацию.

Процессы перераспределения экотоксикантов между природными средами, не связанные с химической деградацией: испарение, перемещение атмосферными течениями частиц, растворение, сорбция и т.д. Примеры данных процессов и возможные экотоксикологические последствия.

Ограниченная способность экосистем к детоксикации ксенобиотиков и проблема их остатков в экосистеме.

Некоторые пути снижения содержания экотоксикантов в биогеоценозах (на примере пестицидов).

Биоаккумуляция (бионакопление), биомагнификация, биоконцентрирование, фактор биоаккумуляции. Примеры.

Экологическая магнификация (биоумножение). Примеры.

Факторы, влияющие на биоаккумуляцию экотоксикантов.

Значение биоаккумуляции. Примеры.

#### **3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Изучение любого вредного вещества предусматривает установление количественных показателей токсичности и его опасности.

Параметры токсикометрии и критерии токсичности вредных веществ - это количественные показатели опасности вредных веществ. Токсический эффект при действии различных доз и концентраций ядов может проявиться функциональными и структурными (патоморфологическими) изменениями или гибелью организма. В первом случае токсичность принято выражать в виде действующих концентраций и доз СЕ, ДЕ, вызывающих любое действие, кроме летального, во втором - в виде смертельных концентраций и доз CL и DL.

Концентрация средняя смертельная (CL50) - вызывает гибель 50 % подопытных животных (мыши, крысы) при ингаляционном воздействии соответственно в течение 2 и 4 ч и последующем 14-дневном сроке наблюдения.

Доза средняя смертельная (DL50) - вызывает гибель 50 % подопытных животных при однократном введении в желудок, брюшную полость с последующим 14-дневным сроком наблюдения.

Доза (концентрация) максимально переносимая (CL0,, DL0) - наибольшее количество вредного вещества, введение которого в организм не вызывает гибели подопытных животных.

Доза (концентрация) абсолютно смертельная (CL100,, DL100) - наименьшее количество вредного вещества, вызывающее гибель 100% подопытных животных.

Порог острого интегрального действия (Limac(integr) ) - минимальная концентрация (доза), вызывающая изменения биологических показателей на уровне целостного организма, которые выходят за пределы приспособительных физиологических реакций.

Порог острого избирательного (специфического) действия (Limac.sp)- минимальная концентрация (доза), вызывающая изменения биологических функций отдельных органов и систем организма, которые выходят за пределы приспособительных физиологических реакций.

Порог общетоксического хронического действия (Lim ch(integr)) - минимальная концентрация (доза) вещества, при воздействии которой в течение 4 ч по пять раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

Порог отдаленных эффектов (Lim ch.sp) - минимальная концентрация (доза) вещества, вызывающая изменения биологических функций отдельных органов и систем организма, которые выходят за пределы приспособительных физиологических реакций в условиях хронического воздействия.

Зависимость между концентрациями (дозами) действующих веществ, с одной стороны, и эффектом, с другой, может быть графически изображена в виде кривых «доза-эффект». В большинстве случаев кривые «доза-эффект» выражаются S-образной кривой. Порядок расположения веществ по токсичности в зонах оказывается различным.

Степень токсичности есть величина, обратная абсолютному значению смертельной дозы -  $1/DL50$  или концентрации  $1/CL50$  вещества, вызывающей гибель животных.

### **3.4 Практическое занятие № 4 (2 часа).**

**Тема:** «Рациональное использование и охрана водных ресурсов»

#### **3.4.1 Задание для работы:**

Преимущества и недостатки химических показателей при оценке состояния среды в условиях загрязнения.

Биологические показатели: понятие, классификация. Свертывание информации о биоте. Индексы.

Биологические показатели различных системных уровней.

Традиционно используемые биологические показатели при разных видах загрязнения.

Биологические показатели, отражающие биогеохимию экотоксикантов; бионакопители.

### **3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

В качестве водных ресурсов обычно рассматриваются не все пресные воды, а только доступные для использования. Они оцениваются двумя основными показателями: статическими, или вековыми, запасами воды (км<sup>3</sup> или м<sup>3</sup>) и возобновляемыми (км<sup>3</sup>/год или м<sup>3</sup>/сек). К статическим запасам относятся воды, единовременно находящиеся в таких водных объектах, как реки, озера. Болота и ледники, в водоносных породах земли. Возобновляемые воды - та их часть, которая периодически возобновляется в водных объектах благодаря происходящему на Земле круговороту воды. В России общий статический запас пресных поверхностных вод составляет 43,7 тыс. км<sup>3</sup>. Больше всего их в озерах (27,5 тыс. км<sup>3</sup>) и ледниках (около 13 тыс. км<sup>3</sup>), меньше в болотах (около 3 тыс. км<sup>3</sup>), водохранилищах (1,2 тыс. км<sup>3</sup>) и руслах рек (200 км<sup>3</sup>). Объем подземных пресных вод достигает 1 млн.480 тыс. км<sup>3</sup>. Суммарный объем возобновляемых водных ресурсов принято определять как ежегодно возобновляемый речной сток, следовательно, в России он равен 4,74 тыс. км<sup>3</sup>/год. На подземную составляющую речного стока приходится 1 тыс. км<sup>3</sup>/год. Возобновление и накопление воды на любой территории за определенное время в результате круговорота можно оценить уравнением водного баланса, включающего приходную расходную его части. Наиболее общие уравнения, рассмотренные М.И. Львовичем, следующие:

- для периферийной части суши -  $E_p = R_p - R_n$ ;
- для бессточных областей -  $E_b = P_b$ ;
- для Мирового океана -  $E_o = P_o + R_n$ ;
- для всего земного шара -  $E = E_s + E_o = P$ ,

где  $E_p$  - испарение с периферийной части суши;  $R_p$  - атмосферные осадки в этой части суши;  $R_n$  - речной сток с периферийной части суши;  $E_b$  и  $P_b$  - испарение и осадки в бессточных областях;  $E_o$  и  $P_o$  - испарение и осадки в Мировом океане;  $E$  и  $P$  - испарение и осадки на всем земном шаре;  $E_s$  - испарение с поверхности всей суши. Уравнение водного баланса для земного шара или его отдельных областей справедливо только при условии, что средний годовой объем воды, участвующей в круговороте, постоянен, а основные элементы водных балансов находятся в равновесном состоянии. Водный баланс и ресурсы пресных вод континентов и суши в целом, приведен в приложении 1. Водные ресурсы - это запасы поверхностных и подземных вод суши, которые используются в процессе материального производства или могут быть вовлечены в него. К концу XX в. они стали фактором, лимитирующим развитие производительных сил во многих странах и даже на континентах. Это связано с тем, что ряд регионов мира начали испытывать дефицит воды. Такое положение обусловило необходимость качественного и количественного сохранения водных ресурсов. Достижения научно-технического прогресса постоянно создают предпосылки для более полного использования вод благодаря рациональной организации водосберегающих технологий, включение в хозяйственный оборот ранее не использовавшихся вод (солончатых, соленых и др.), созданию различных гидротехнических сооружений, регулирующих речной сток для хозяйственных целей. Все большее внимание уделяется изучению многолетних и сезонных колебаний, процессам возобновления водных ресурсов, асинхронности их распределения по крупным регионам. Учет этих особенностей при оценке водных ресурсов позволяет более равномерно и рационально организовывать их использование.

### **3.5 Практическое занятие № 5 (2 часа).**

**Тема:** «Рациональное использование и охрана земельных ресурсов»

#### **3.5.1 Задание для работы:**

Особенности ответных реакций биологических объектов на организменном и популяционном уровне. Учет адаптационных явлений при экотоксикологических исследованиях.

Популяционные показатели и их использование при оценке состояния окружающей среды.

Обнаружение отклонений индивидуального развития организмов по нарушению билатеральной симметрии структур. Методика оценки состояния окружающей среды методом "БИОТЕСТ".

Статические (численность, структура, пространственное распределение) и динамические (рождаемость, смертность) показатели популяции. Оценочные шкалы.

### **3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Рациональное землепользование означает максимальное вовлечение в хозяйственный оборот всех земель и их эффективное использование по основному целевому назначению, создания благоприятных условий для высокой продуктивности сельскохозяйственных угодий и получения на единицу площади максимального количества продукции при наименьших затратах труда и средств.

Охрана земельных угодий - совокупность научно обоснованных мероприятий, направленных на ликвидацию чрезмерного изъятия земельных фондов из сельскохозяйственного оборота в результате промышленного, транспортного, городского и сельского строительства и добычи полезных ископаемых, предотвращения подтопления, заболоченности средством гидротехнического и мелиоративного строительства, повышение физико-химических свойств, уничтожение в них ядовитых химических веществ при применении минеральных удобрений и средств защиты растений от вредителей и болезней, предотвращения загрязнения почвы отходами промышленного производства, топливом и смазочными материалами при выполнении сельскохозяйственных работ, защита от водной и ветровой эрозии, рациональное регулирование грунтообразующего процесса в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства и его индустриализации.

Следовательно, рациональное использование и охрана земельных ресурсов включают две группы вопросов: 1) охрана земли от истощения и повышения ее плодородия - экономическая группа; 2) охрана от загрязнения и его предупреждение - экологическая группа.

Рациональное использование и охрана земель - два взаимосвязанных процесса, направленных на повышение производительных сил земли. Они предусматривают:

оптимизацию распределения земельного фонда между отраслями народного хозяйства и как можно эффективнее его использование в каждой из них;

оптимизацию структуры отдельных видов земельных угодий (пашни, многолетних насаждений, сенокосов, пастбищ, лесов, земель под водой и т.д.) в соответствии с природно-экономическими зонами и районами;

разработку и внедрение рациональной системы земледелия, которая включает грунтозащитную обработку, удобрения; известкование кислых и гипсование засоленных и солонцеватых почв, технологии выращивания сельскохозяйственных культур, систему севооборотов и т.п.;

осушение заболоченных и переувлажненных земель и орошения и обводнения засушливых;

предотвращения затопления, подтопления, заболоченности земель, ухудшению их физико-химических свойств;

широкое использование почвенных микроорганизмов для создания высокоплодородных и устойчивых к эрозии почв;

разработку и внедрение научно обоснованной системы луговодства;

разработку и внедрение рациональной системы расселения, застройки сельских и городских населенных пунктов, размещения каналов для переброски воды из

многоводных в маловодные районы, крупных водохранилищ, путей сообщения, линий электропередач, нефтегазопроводов;

разработку и внедрение эколого-экономической оценки земель и использование ее для планирования размещения и специализации сельскохозяйственного производства, определения объема государственных закупок растениеводческой и животноводческой продукции, затрат на производство и доходности сельскохозяйственных предприятий, установление правильных, научно обоснованных цен.

### **3.6 Практическое занятие № 6 (2 часа).**

**Тема:** «Рациональное использование и охрана недр»

#### **3.6.1 Задание для работы:**

Биоиндикация и биотестирование: основные принципы.

Лихеноиндикация и шкалы полеотолерантности.

Коэффициенты эдафичности для оценки почвенных условий.

Индексы сапробности в гидробиологии.

Принципы лабораторного биотестирования. Методики определения токсичности природных сред. Международные стандарты

#### **3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Недра - это часть земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии - ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.

Недра нельзя путать с понятием полезных ископаемых. Полезные ископаемые являются частью недр, но не всей составляющей. Полезные ископаемые - это твердые, жидкие (кроме воды) и газообразные природные вещества, находящиеся в глубине земли и на ее поверхности в пределах территории определенного государства и его континентального шельфа, используемые в народном хозяйстве. Все полезные ископаемые делятся на:

- общераспространенные (песок, галька, гравий, глина, мел и др);
- необщераспространенные (рудные и нерудные ископаемые - железная руда, уголь, нефть, платина, уран, золото).

Континентальный шельф, в соответствии с Федеральным законом "О континентальном шельфе Российской Федерации", включает в себя морское дно и недра подводных районов, находящиеся за пределами территориального моря Российской Федерации на всем протяжении естественного продолжения ее сухопутной территории до внешней границы подводной окраины материка (см. рисунок - приложение N 3). Подводной окраиной материка является продолжение континентального массива Российской Федерации, включающего в себя поверхность и недра континентального шельфа, склона и подъема.

Недра в границах территории Российской Федерации, включая подземное пространство и содержащиеся в недрах полезные ископаемые, энергетические и иные ресурсы, являются государственной собственностью.

Участки недр не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, залога или отчуждения в другой форме. Недра могут находиться только в пользовании и переходить от одного лица к другому в той мере, какая предусмотрена федеральными законами.

Добытые из недр полезные ископаемые и иные ресурсы по условиям лицензии могут находиться в федеральной государственной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной, частной и в иных формах собственности.

Для гарантированного обеспечения государственных потребностей Российской Федерации стратегическими и дефицитными видами ресурсов недр, наличие которых влияет на национальную безопасность Российской Федерации, обеспечивает основы ее суверенитета, а также для выполнения обязательств по международным договорам



Российской Федерации отдельные участки недр, в том числе содержащие месторождения полезных ископаемых, могут получать статус объектов федерального значения на основании совместных решений федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

Целевое использование недр определяется в ст. 6 Закона РФ "О недрах", где указывается использование для целей, связанных с добычей полезных ископаемых (например, геологическое изучение, разведка и добыча полезных ископаемых), и для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых (например, строительство и эксплуатация подземных сооружений).

Видами прав пользования на участки недр являются: право пользования на определенный срок или право без ограничения срока. Сроки пользования участками недр исчисляются с момента государственной регистрации лицензий на пользование этими участками недр. Минимальный срок предоставления - до одного года, максимальный - без ограничения срока. Без ограничения срока могут быть предоставлены участки недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных сооружений, связанных с захоронением отходов, строительства и эксплуатации нефте- и газохранилищ, а также для образования особо охраняемых геологических объектов и иных целей.

На срок до одного года участки недр предоставляются для добычи полезных ископаемых. В случае, если в интересах рационального использования и охраны недр приостановление добычи полезных ископаемых нецелесообразно или невозможно, органы, досрочно прекратившие право пользования соответствующим участком недр, до принятия в установленном порядке решения о новом пользователе недр могут предоставить право краткосрочного (до одного года) пользования таким участком недр юридическому лицу (оператору) с оформлением соответствующей лицензии. Между пользователем недр, право пользования недрами которого досрочно прекращено, и временным оператором может быть заключен договор о передаче имущества, необходимого для обеспечения пользования недрами, на возмездных основаниях.

Для геологического изучения срок пользования составляет до 5 лет, для добычи подземных вод - до 25 лет. Для добычи полезных ископаемых участки недр предоставляются в пользование на срок отработки месторождения полезных ископаемых, исчисляемый исходя из технико-экономического обоснования разработки месторождения полезных ископаемых, обеспечивающего рациональное использование и охрану недр.

Основанием получения права пользования недрами является соответствующее решение органов государственной власти соответствующего уровня в зависимости от целей использования. Правоудостоверяющим документом на право пользования недрами является лицензия. Лицензия является документом, удостоверяющим право ее владельца на пользование участком недр в определенных границах в соответствии с указанной в ней целью в течение установленного срока при соблюдении владельцем заранее оговоренных условий.

Лицензии на право пользования участками недр могут предоставляться для осуществления как отдельного вида пользования участками недр, так и нескольких видов пользования участками недр (совмещенные лицензии). Предоставление лицензий на пользование недрами осуществляется при наличии предварительного согласия органа управления земельными ресурсами либо собственника земли на отвод соответствующего земельного участка для целей недропользования. Отвод земельного участка в окончательных границах и оформление земельных прав пользователя недр осуществляется в порядке, предусмотренном земельным законодательством, после утверждения проекта работ по недропользованию.

### **3.7 Практическое занятие № 7 (2 часа).**

**Тема:** «Рациональное использование и охрана растительного и животного мира»

#### **3.7.1 Задание для работы:**

Задачи экологического нормирования. Построение шкалы "норма-патология" для экосистемы. Экологически допустимые уровни воздействия (ЭДУ).

Обработка данных биоиндикации и биотестирования. Экспертные оценки состояния экосистемы.

Функции желательности. Фиксированная величина изменения параметров.

Концепция и практика установления ЭДУ на региональном уровне. Принципы обработки многомерных экологических данных мониторинга на основе детерминационного анализа (ДА).

Установление предельно-допустимых экологических нагрузок (ПДЭН) на локальном уровне. Методы анализа дозовых зависимостей.

### **3.7.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Человек своей деятельностью оказывает огромное влияние на растительность, как положительное, так и отрицательное.

Положительное влияние выражается в возделывании на обширных площадях разнообразных культурных растений, дающих высокий урожай и большое количество зеленой массы, участвующей в фотосинтезе. При этом на орошаемых землях, при высокой технике агрокультуры урожай зеленой массы бывает более высоким, чем на естественных угодьях. Общее количество зеленой массы возрастает в результате различного рода мелиоративных мероприятий (осушение болот, борьба с засолением почв и т. д.), окультуривания пастбищ и т. д. Большие работы проводятся по лесовозобновлению, облесению открытых территорий, озеленению поселков и городов, а также по борьбе с вредителями леса и культурных растений.

К отрицательным воздействиям относится прямое уничтожение растений в ходе их использования (рубка лесов, выкашивание, сбор с различными целями, стравливание домашними животными) при создании водохранилищ, в ходе открытых разработок ископаемых, при пожарах, в процессе распашки новых угодий. К такого рода воздействиям следует причислить ухудшение условий жизни растений при орошении, осушении, засолении почв, изменении гидрологии водоемов, а также загрязнения среды вредными химическими веществами и элементами, заносе вредных организмов (возбудителей болезней, конкуренты) и др.

Являясь самовосстанавливающимся ресурсом, растительность часто не может реализовать эту способность вследствие изменений условий размножения, роста и развития под прямым или косвенным воздействием человека. Поэтому некоторые виды растений могут стать редкими, исчезнуть на определенном участке или на всей планете.

В результате отрицательного воздействия человека наблюдается процесс сокращения растительного покрова Земли (особенно лесного) и обеднение видового состава растительности. Важная роль растений в круговороте веществ в природе и жизни человека заставляет ученых задуматься над допустимыми пределами указанных изменений, как в местном, так и в планетарном масштабе. Охрана, рациональное использование и восстановление растительных ресурсов стали важнейшей задачей.

Растительные ресурсы планеты могут обеспечить существование значительно большего, чем ныне, количества людей, домашних и диких животных, если эти ресурсы использовать разумно и принимать меры к их охране и воспроизводству.

Из всех растительных ресурсов планеты самое важное значение в жизни природы и человека имеют леса. Они больше всего пострадали от хозяйственной деятельности и раньше всего стали объектом охраны. В настоящее время охрана лесов разработана наиболее обстоятельно по сравнению с другими растительными ресурсами.

## **3.8 Практическое занятие № 8 (2 часа).**

**Тема:** «Загрязнение биосферы: основные загрязнители, их классификация»

### **3.8.1 Задание для работы:**

Понятие о стойких органических загрязнителях. Полициклические ароматические углеводороды; полихлорированные дибензо-п-диоксины, дибензофураны и бифенилы. Основные представители.

Химическое строение, состав, свойства, устойчивость.

Источники, пути и формы поступления в экосистемы.

Понятие о "диоксиновом эквиваленте". Формы проявления токсического действия на живые организмы.

Уровни загрязнения, трансформация.

Особенности санитарно-гигиенического нормирования.

### **3.8.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Загрязнения биосферы имеют различные формы проявления и влияния на человека. Одни загрязнители оказывают на человека прямое влияние, вызывая различные заболевания, патологические и генетические изменения в организме и снижающие нормальную трудоспособность людей. Другие влияют косвенно, изменяя природную среду в худшую для человека сторону.

Прямое воздействие загрязнений биосферы на человека могут оказать:

вода — при употреблении ее из природных источников, подвергшихся биологическому, химическому, радиационному или какому-либо другому загрязнению;

почва — при сельскохозяйственных работах на участках; отдыхе на берегу или другой территории, подвергшейся любым загрязнениям;

воздух — может быть отравлен ядовитыми веществами, болезнетворной микрофлорой, радиацией и пр.

Косвенное воздействие загрязнений биосферы на человека передается, например, через растения и животных при контакте с ними или чаще всего при употреблении их в виде продуктов питания.

Негативная деятельность человека проявляется в следующих трех направлениях:

загрязнение окружающей природной среды;

истощение природных ресурсов;

разрушение природной среды.

Под загрязнением среды обитания понимают физико-химические изменения состава природного вещества, которые неблагоприятно влияют на окружающую среду обитания.

Загрязнение биосферы — это поступление в нее любых твердых, жидких, газообразных веществ или видов энергии в количествах, оказывающих вредное влияние на человека, растения и животных, как непосредственно, так и косвенным путем.

Загрязнение окружающей среды можно подразделить на три группы:

естественные, т.е. те, которые поступают из космоса или при извержении вулканов;

усиленные действием человека — дым лесных и степных пожаров, пыльные бури и вирусы;

антропогены — возникающие вследствие хозяйственной деятельности человека.

Основными причинами роста загрязнений являются: развитие производительных сил, урбанизация, замена естественного сырья и материалов синтетическими материалами, необходимость материального обеспечения все возрастающего населения Земли.

Охрана биосферы становится одной из важнейших проблем человечества, решение которой требует международного сотрудничества.

Прямое воздействие на человека загрязнений биосферы выражается в том, что многие заболевания инициируются через физические системы поддержания жизни: воздух, воду, пищу.

Наиболее часто загрязняющие вещества проникают в организм через органы дыхания. Суточный объем вдыхаемого воздуха для одного человека составляет 6—12 м<sup>3</sup>.

при нормальном дыхании с каждым вдохом в организм человека поступает от 0,5 до 2 л воздуха.

Грубые частицы задерживаются в верхних дыхательных путях и, даже если они не токсичны, могут вызвать заболевание, называемое поллевой бронхит. Тонкие частицы пыли(0,5—5мкм) достигают альвеол и могут привести к профессиональному заболеванию, которое носит общее название пневмокониоз. Его разновидности: силикоз (вдыхание пыли, содержащей  $\text{SiO}_2$ ), антракор (вдыхание угольной пыли), асбестоз (вдыхание пыли асбеста) и др.

Хлорнаносит урон органам зрения и дыхания. Фториды, попадая в организм человека через пищеварительный тракт, выводят кальций из костей и снижают его содержание в крови. Гидросульфидпоражает роговицу глаз и органы дыхания, вызывает головные боли. При высоких концентрациях возможен летальный исход. Дисульфидуглерода является ядом, действующим на нервную систему, что может вызвать психическое расстройство.

Наличие пыли в атмосфере уменьшает поступление к Земле ультрафиолетовых лучей. В период смогов ухудшается самочувствие людей, резко возрастает число легочных и сердечно-сосудистых заболеваний, возникают эпидемии гриппа.

### **3.9 Практическое занятие № 9 (2 часа).**

**Тема:** «Правовые основы охраны окружающей среды»

#### **3.9.1 Задание для работы:**

приоритетом охраны жизни и здоровья человека, обеспечения благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха населения;

научно обоснованным сочетанием экологических и экономических интересов общества, обеспечивающих реальные гарантии прав человека на здоровую и благоприятную для жизни окружающую природную среду;

рациональным использованием природных ресурсов с учетом законов природы, возможностей окружающей природной среды, необходимости воспроизводства природных ресурсов и недопущения необратимых последствий для окружающей природной среды и здоровья человека;

соблюдением требований природоохранного законодательства, неотвратимостью наступления ответственности за их нарушения;

гласностью в работе и тесной связью с общественными организациями и населением в решении природоохранных задач;

международным сотрудничеством в охране окружающей природной среды.

#### **3.9.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Задачей природоохранного законодательства является регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы в целях сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека, предотвращения экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, оздоровления и улучшения качества окружающей природной среды, укрепления законности и правопорядка в интересах настоящего и будущих поколений людей. Правовые основы охраны окружающей среды установлены Законом Российской Федерации "Об охране окружающей среды" (в редакции 1992, 1993 гг.), а также Федеральным законом "Об отходах производства и потребления" от 24 июня 1998 г. № 80-ФЗ.

### **3.10 Практическое занятие № 10 (2 часа).**

**Тема:** «Государственные и общественные мероприятия по охране окружающей среды»

#### **3.10.1 Задание для работы:**

Преобразующее влияние человека на природу. Вносимые его хозяйственной и иной деятельностью изменения в природу усиливаются по мере развития производительных сил и увеличения массы веществ, вовлекаемых в хозяйственный оборот.

Развитие промышленности создало новую проблему - проблему загрязнения окружающей среды.

Воздействие человека на природу.

Необходимость более разумного использования и охраны природы.

### **3.10.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Перед наукой возникла непростая и противоречивая задача использования природных ресурсов при одновременном поддержании оптимального качества природной среды. В ее решении наметилось два принципиально разных пути.

Первый путь - очистка вредных отходов промышленных и сельскохозяйственных предприятий. С этой целью на предприятиях строятся специальные очистные сооружения, улавливающие из отходов загрязнители, устраняя возможность их попадания в природную среду. До настоящего времени основные усилия в нашей стране были направлены на расширение сети очистных сооружений и их усовершенствование. Это было неизбежным, так как вся промышленность 60-х годов развивалась без учета возможности безотходной технологии. При проектировании предприятий в соответствии с характером и объемом предполагавшегося загрязнения предусматривались очистные сооружения определенной конструкции и мощности.

Этот путь имеет определенные ограничения, поскольку в тех случаях, когда стоимость очистки и утилизации отходов превышает стоимость продукции, производство становится экономически необоснованным.

Второй путь - создание систем малоотходного и безотходного производства. Это - радикальное технологическое решение проблемы сохранения оптимальной природной среды. Оно требует такой технологии, при которой круговорот веществ в производстве будет замкнутым. Все сырье, поступающее в производство, перерабатывается на полезные продукты или передается в соседние производства. Никаких отходов, а следовательно, и загрязнения окружающей среды не будет.

Но полное технологическое воплощение второго пути - дело исключительно сложное, требующее больших работ и времени.

### **3.11 Практическое занятие № 11 (2 часа).**

**Тема:** «Международное сотрудничество в области природопользования и охраны окружающей среды»

#### **3.11.1 Задание для работы:**

объекты, находящиеся в пользовании всех государств (атмосферный воздух, Мировой океан, Антарктида, Космос);

объекты, используемые двумя или несколькими государствами (например, пограничные воды, Балтийское или Черное моря, река Дунай);

объекты, перемещающиеся по территории различных стран (мигрирующие виды животных).

природные объекты, представляющие уникальную ценность и взятые под международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы);

редкие и исчезающие виды животных и растений, занесенные в международную Красную книгу;

разделяемые природные ресурсы, постоянно или значительную часть года находящиеся в пользовании двух или более государств (река Дунай, Балтийское море и др.).

#### **3.11.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды различны:

международные организации по охране природы;

международные (двусторонние или многосторонние) договоры, соглашения, конвенции;

государственные инициативы по международному сотрудничеству.

Международные организации по охране природы. Их можно разделить на две группы: межправительственные и неправительственные.

Межправительственные организации. Наиболее авторитетная из них — Организация Объединенных Наций — ООН (United Nations — UN). Одно из важнейших направлений ее деятельности — сотрудничество в области охраны природы. ООН рассматривает важные вопросы на Генеральной Ассамблее, принимает резолюции и декларации, проводит международные совещания и конференции. ООН разработала и приняла специальные принципы охраны окружающей человека среды, в частности, в Декларации Стокгольмской конференции ООН (1972) и во Всемирной Хартии природы (1982).

При ООН функционируют специализированные международные организации по охране окружающей среды.

Программа (орган) ООН по окружающей среде — ЮНЕП (United Nations Environmental Program — UNEP) функционирует с 1972 г. и осуществляет долгосрочную программу по охране окружающей среды, для финансирования которой Генеральная Ассамблея ООН создала Фонд окружающей среды.

Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры — ЮНЕСКО существует с 1946 г. и занимается организацией исследования окружающей среды и ее ресурсов, сотрудничеством между государствами в области просвещения, науки и культуры. Ею одобрены программы «Человек и биосфера», «Человек и его окружающая среда».

Всемирная организация продовольствия — ФАО (Food and Agricultural Organization UN — FAO) образована в 1945 г. и занимается вопросами продовольственной безопасности отдельных стран и всего мира.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) создана в 1945 г. и занимается проблемами здоровья людей, что связано с охраной окружающей среды.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) образована в 1951 г. и осуществляет глобальный мониторинг состояния окружающей среды: состояние озонового слоя, трансграничный перенос загрязняющих веществ и др.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) учреждено в 1957 г. и осуществляет программу «Ядерная безопасность и защита окружающей среды». Осуществляет свою деятельность по договору с ООН, но не является ее специализированным органом.

Кроме того, существуют международные региональные организации, осуществляющие природоохранную деятельность не под эгидой ООН: Евратом, Европейский совет, Европейское экономическое сообщество, Организация экономического сотрудничества и развития, Азиатско-Африканский юридический консультативный комитет, Хельсинкский комитет по охране Балтийского моря (Хелком) и др.

Неправительственные организации. Международный союз охраны природы и природных ресурсов — МСОП (International Union for the Conservation of Nature — IUCN) образован в 1948 г. и содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, а также отдельными лицами по вопросам защиты природы и охраны природных ресурсов. МСОП — инициатор ведения Красных книг.

Всемирный фонд охраны дикой природы (World Wide Fund for Nature — WWF) — самая многочисленная частная международная экологическая организация, создана в 1961 г., объединяет 27 национальных отделений во всем мире (Российское представительство было открыто в 1994 г.), а так-же около 5 млн индивидуальных членов. Деятельность фонда заключается в основном в оказании финансовой поддержки природоохранным

мероприятиям; в природоохранные проекты России уже вложено более 12 млн долл. США.

Международная юридическая организация (МЮО) создана в 1968 г. и уделяет большое внимание разработке правовых вопросов охраны ОС.

Римский клуб образован в 1968 г. и внес значительный вклад в изучение перспектив развития биосферы и пропаганду идеи необходимости гармонизации отношений Человека и Природы. Римским клубом была издана серия докладов под общим названием «Затруднения человечества».

Международный экологический суд (МЭС) учрежден в 1994 г. и содействует разрешению споров в области природопользования и охраны окружающей среды.

Гринпис (Greenpeace — «Зеленый мир») создан в Канаде в 1971 г., ставит своей целью предотвращение деградации окружающей среды, насчитывает около 1,5 млн членов, имеет отделения в 32 странах мира (в России с 1992 г.).

Кроме того, многие международные неправительственные организации занимаются вопросами охраны отдельных природных объектов или видов природных ресурсов. К ним относятся Международный совет по охране птиц, Международная федерация по охране альпийских районов, Евро-пейская федерация по охране вод и т.п.

Международные договоры, соглашения, конвенции. Различаются договоры общие и специальные, многосторонние и двусторонние, глобальные и региональные. Готовятся и рассматриваются они по инициативе отдельной страны (стран) или международной организации.

Общие международно-правовые договоры могут затрагивать и вопросы окружающей природной среды. К глобальным договорам относятся Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средства воздействия на природную среду (1977), Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979), Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979).

В числе региональных договоров можно назвать договоры об использовании и охране Дуная, Черного моря; договоры европейских стран (ЕЭС); Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов (1968); Конвенцию по охране Средиземного моря от загрязнения (1976); Конвенцию об охране морских живых ресурсов Антарктики (1980); Соглашение об охране полярного медведя (1974); Конвенцию о рыболовстве в северо-восточной части Атлантического океана (1959); Конвенцию о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море и Датских про-ливах (1973); Соглашение о сотрудничестве по борьбе с загрязнением Северного моря нефтью (1969).

Особое значение имеют международные договоры об ограничении, сокращении и запрещении испытаний ядерного, бактериологического, химического оружия в различных средах и регионах. В 1996 г. в ООН торжественно подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Однако он был нарушен Северной Кореей в 2006 г., когда ей был проведен подземный ядерный взрыв.

Государственные инициативы по международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды.

Международные принципы охраны окружающей среды

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды регулируется международным экологическим правом. В его основе лежат общепризнанные мировым сообществом принципы и нормы. В истории становления основных экологических принципов международного сотрудничества можно выделить следующие важнейшие этапы.

Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды (Стокгольм, 1972 г.). По итогам работы конференции была принята Декларация, в которой определялись стратегические цели и направления действий мирового сообщества в области охраны

окружающей среды. Декларация содержала 26 основных принципов охраны окружающей человека среды.

Кроме того, 5 июня был провозглашен Всемирным днем окружающей среды. Был образован постоянно действующий орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП) со штаб-квартирой в г. Найроби (Кения).

Всемирная хартия природы (ВХП), одобренная Генеральной Ассамблеей ООН (1982). В ней вновь были подтверждены и развиты важнейшие принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды. Таких принципов стало 27. Всемирная хартия природы определила приоритетные направления экологической деятельности международного сообщества на тот период.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). В ней приняли участие 114 глав государств, представители 1600 неправительственных организаций. Это крупнейший экологический форум в истории человечества. Впервые главы государств и правительств разных стран договорились о путях решения важнейших глобальных экологических проблем, включая кардинальные изменения в экономике и социальной сфере. Впервые был общепризнан приоритет экологических интересов человечества над экономическими.

На конференции были одобрены пять основных документов: Декларация РИО об окружающей среде и развитии; Повестка дня на XXIв.; Заявление о принципах управления, сохранения и устойчивого развития всех типов лесов; Рамочная конвенция по проблеме изменений климата; Конвенция по биологическому разнообразию.

Одним из важнейших итогов Конференции было принятие концепции (стратегии) устойчивого развития. Под устойчивым развитием понимается одновременное решение проблем экономики и экологии. Цель стратегии — не заменяя национальных программ охраны окружающей среды, дать основные ориентиры.

Всемирный саммит по устойчивому развитию «Рио+10» (Йоханнесбург, 2002 г.). На саммите были подведены итоги первого десятилетия движения мирового сообщества по пути устойчивого развития. По словам генерального секретаря ООН Кофи Аннана, многие решения по охране окружающей среды, принятые в Бразилии, оказались невыполненными, глобализация не принесла пользы большей части человечества, несмотря на общий экономический подъем, помощь развивающимся странам сократилась. Одним из принятых на саммите итоговых документов стал «План борьбы с бедностью и сохранения окружающей среды».