

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕ  
БИОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ**

**Методические указания для практических занятий и по выполнению  
самостоятельной и контрольной работы**



**Новосибирск 2022**

УДК 574:615.9 (07)  
ББК 28.080:52.8, я7  
Э 40

### **Кафедра Экологии**

Составители: канд. биол.наук, доцент *Е.А. Тян*,  
канд. биол. наук, доцент *Г.А. Котомина*

Рецензент: канд.биол.наук, доцент *С.В. Севастеев*

**Экологическая токсикология:** методические указания для практических занятий и по выполнению самостоятельной и контрольной работы / состав.: Е.А. Тян, Г.А. Котомина. – 2-е изд., перераб. и доп. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск. – 2022. – 83 с.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Федерального образовательного стандарта ВО и рабочей программы дисциплины «Экологическая токсикология». Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 06.03.01 *Биология*, профиль *Экологические биотехнологии*.

Методические указания содержат теоретический материал, задания, вопросы для самоконтроля, примерные темы для написания контрольной работы, список рекомендуемой литературы, приложения и глоссарий.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом биолого-технологического факультета (протокол №8 от 19 октября 2022 г.).

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «**Экологическая токсикология**» предназначена для формирования у студентов системы знаний основных экологических понятий и категорий по экологической токсикологии, представления о воздействии токсических веществ на организмы, популяции, экосистемы, об экотоксикологическом нормировании и прогнозировании с безопасности и устойчивого гармоничного развития человеческого общества и природных сообществ.

В соответствии с назначением основной целью дисциплины является формирование у студентов представлений о накоплении различных экотоксикантов в экологических системах, о воздействии токсических веществ на организмы, об экотоксикологическом мониторинге.

Исходя из цели, в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- ✓ дать представление об окружающей среде как системе, развивающейся во времени и испытывающей воздействие разнородных природных и антропогенных источников;
- ✓ сформировать определенную систему знаний по основам курса «Экологическая токсикология», как теоретической основы сохранения здоровья человека, охраны видов организмов, их популяций и сообществ;
- ✓ дать представление об основных химических факторах загрязнения окружающей среды и процессах взаимодействия химического загрязнения окружающей среды и биологических систем;
- ✓ выявить особенности эффектов токсичных веществ на организмы, популяции, сообщества, модельные и реальные экосистемы, а также возможности адаптации популяций к техногенному загрязнению;
- ✓ рассмотреть принципы и подходы современной методологии количественной и качественной оценки токсичности веществ, а также методы определения предельных значений токсической нагрузки;
- ✓ рассмотреть задачи и формы экотоксикологического нормирования и его роли в ограничении возможного загрязнения среды;

✓ показать значение биологического мониторинга для контроля загрязнения окружающей среды.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

1. Основные химические группы потенциально токсичных загрязняющих веществ, пути их миграции, трансформации и накопления в экосистемах.
2. Основные прикладные проблемы экотоксикологии (нормирование, биотестирование, биомониторинг, количественная оценка токсичности, утилизация отходов производства и потребления).

**Уметь:**

1. Работать с объектами живой (организмами растений и животных и их популяциями, природными сообществами) и неживой природы (вода, почва, воздух).
2. Прогнозировать последствия антропогенных токсических воздействий на природные популяции растений, животных и их сообществ и находить пути решения экологических проблем.

**Владеть:**

1. Методами оценки воздействий токсических загрязнителей на природную среду и иметь представление о принципах организации экологических экспертиз территорий, производств и технологических проектов.
2. Биотехнологическими методами при решении экологических проблем (утилизация и переработка органических и неорганических отходов производства, биологическая рекультивация, очистка почв, воздуха и воды от загрязнений и др.), методами обнаружения и количественной оценки основных токсических загрязнителей в окружающей среде; современными методиками статистического анализа.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ**

## **(ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ)**

### **ЗАНЯТИЕ 1.**

#### **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.**

##### **ТИПЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Характер и степень влияния химических загрязняющих веществ на общую экологическую обстановку, отдельные биогеоценозы и компоненты биосферы неодинаковы в различных природных зонах и даже по отношению к отдельным видам животных и растений. Вследствие этого наряду с общими и закономерно обусловленными проявлениями опасных токсико-экологических ситуаций нередко возникают частные и локальные нарушения природной среды.

Природные экосистемы обладают способностью противостоять как колебаниям обычных природных факторов, так и изменениям условий существования под влиянием антропогенных воздействий. Поэтому при рациональной организации охраны природы существенное значение приобретают свойства, позволяющие обнаружить неблагоприятные или потенциально опасные изменения среды на самых ранних стадиях.

Всякое преобразование окружающей среды в результате деятельности человека может быть названо антропогенным. Антропогенное воздействие, приводящее к изменению химического состава одного или нескольких природных компонентов окружающей среды, является геохимическим, поскольку неизбежно с той или иной скоростью и интенсивностью включает это изменение во взаимодействующие друг с другом природные системы. С классических геохимических позиций изменение химических свойств окружающей среды, не связанное с естественными природными процессами, является загрязнением. При использовании этого термина чаще всего вкладывается медико-биологический смысл, когда загрязнение рассматривается с точки зрения здоровья человека. В этом случае под загрязнением подразумевают любые изменения воздуха, вод, почв и пищевых продуктов, оказывающие нежелательное воздействие на здо-

ровье, выживаемость или деятельность человека. Более точным и справедливым будет распространить это определение и на другие формы жизни.

**Тяжесть воздействия загрязняющих веществ** определяют три фактора:

1. Химическая природа, то есть насколько они активны и вредны для человека, растений и животных.
2. Концентрация, то есть содержание на единицу объема или массы воздуха, воды или почвы.
3. Устойчивость, то есть продолжительность существования в воздухе, воде и почве.

**По масштабам** загрязнения подразделяются на локальные (вокруг промышленных предприятий, животноводческих комплексов, нефтебаз и пр.), региональные (в пределах области, бассейна региона, республики, государства), космические (в космическом пространстве – например – отработанные ступени летательных аппаратов и пр.).

Источники загрязнения разделяются **по характеру поступления** загрязняющих веществ в окружающую среду – локальные, точечные, площадные и линейные (неточечные). Все промышленные источники выбросов и стоков точечные. Неточечные источники связаны с сельским хозяйством, химизацией, поверхностным стоком с загрязненных территорий и т.д. При оценке влияния загрязнений на природную среду необходимо различать прямое (первичное) и опосредованное (вторичное воздействие).

**По характеру образования** загрязнения подразделяются на природные и антропогенные. Природное загрязнение вызывается естественными причинами, без влияния человека или в результате его отдаленного косвенного воздействия на природу. Природное загрязнение в более узком понятии называется естественным, если происходит без всякого влияния человека на природные процессы; как правило, это катастрофические процессы – мощное извержение вулкана, селевой поток и т.п.

Загрязнения, возникающие в результате хозяйственной деятельности человека, называют антропогенными. Они подразделяются на промышленные

(вызываемые отдельно взятым предприятием или всей отраслью промышленности), сельскохозяйственные (возникающие при внесении удобрений, использовании ядохимикатов, сбросе отходов животноводства и других действиях, связанных с с.-х. производством), военные (возникающие в результате работы военной промышленности, военных испытаний и военных действий, сюда можно отнести затопление химических боеприпасов и взрывчатых веществ, последствия уничтожения химического оружия и последствия военных действий) (приложение 4).

По своей **природе** все загрязнения делятся на физические, физико-химические, химические, биологические и механические.

Физическое загрязнение связано с изменением физических факторов среды: температуры – тепловое загрязнение; волновых параметров – световое, шумовое, электромагнитное загрязнения; радиационных параметров – радиационное, радиоактивное загрязнения.

Единственной формой физико-химического загрязнения является аэрозольное загрязнение, то есть загрязнение воздуха мелкодисперсными жидкими и твердыми веществами; примером такой формы загрязнения является промышленный смог или просто дым.

Проникновение в окружающую среду химических веществ, отсутствующих в этой среде ранее или изменяющих естественную концентрацию до уровня, превышающего обычную норму, относят к химическому загрязнению. Сюда входит загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами, отдельными простыми или сложными химическими веществами. Биологическое загрязнение связано с внесением в окружающую среду и размножением в ней нежелательных для человека организмов, а также с проникновением или внесением в природные экосистемы чуждых данным сообществам и обычно там отсутствующих видов организмов.

Биологическое загрязнение может быть сознательным (интродукция растений и животных, применение биологического оружия), случайным (занос сорных растений и вредных насекомых с импортируемой продукцией или заво-

зимой из других регионов: колорадский жук, амброзия многолетняя и др.). Загрязнение окружающей среды микроорганизмами является микробиологической формой биологического загрязнения, а загрязнение биогенными веществами (выделения, мертвые тела и т.п.) – биотической формой.

Засорение среды агентами, оказывающими неблагоприятное механическое воздействие без физико-химических последствий (например, мусором), называют механическим загрязнением. Такое выделение несколько условно, так как фактически замусоривание всегда сопровождается негативными физико-химическими эффектами.

### **Задания:**

1. Определите, какой тип загрязнения (по масштабам и характеру поступления загрязняющих веществ) характерен для следующих видов деятельности: добыча полезных ископаемых, коммунальное хозяйство; транспорт; земледелие; животноводство, отработанные ступени летательных аппаратов?

2. Перечислите факторы, влияющие на тяжесть воздействия загрязняющих веществ на экосистемы.

3. Приведите реальные примеры различных видов загрязнений и дайте их характеристику (по происхождению, по масштабу, по характеру поступления загрязняющих веществ).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что является предметом и объектом экотоксикологии?
2. Сформулируйте задачи экотоксикологии?
3. Что называется токсическим действием?
4. Что понимается под термином «токсикология окружающей среды»?
5. Когда впервые экотоксикология выделилась в самостоятельную науку?
6. Почему экологическая токсикология является междисциплинарным научным направлением?
7. Раскройте понятие «загрязнение».
8. Какие факторы определяют тяжесть воздействия загрязняющих веществ?
9. Приведите классификацию источников загрязнения?



**ЗАНЯТИЕ 2.**  
**ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ВЕЩЕСТВА.**  
**КСЕНОБИОТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ СРЕДЫ.**  
**ЭКОТОКСИКОКИНЕТИКА. ЭКОТОКСИКОДИНАМИКА.**  
**ЭКОТОКСИКОМЕТРИЯ**

Для экотоксикологии интерес представляют лишь молекулы, обладающие **биодоступностью**, т.е. способные взаимодействовать немеханическим путем с живыми организмами. Как правило, это соединения, находящиеся в газообразном или жидком состоянии, в форме водных растворов, адсорбированные на частицах почвы и различных поверхностях, твердые вещества, но в виде мелко дисперсной пыли (размер частиц менее 50 мкм), наконец, вещества, поступающие в организм с пищей. Часть биодоступных соединений утилизируется организмами, участвуя в процессах их пластического и энергетического обмена с окружающей средой, т.е. выступают в качестве **ресурсов среды обитания**. Другие же, поступая в организм животных и растений, не используются как источники энергии или «пластический материал», но, действуя в достаточных дозах и концентрациях, способны существенно модифицировать течение нормальных физиологических процессов. Такие соединения называются **чужеродными** или **ксенобиотиками** (чуждые жизни). Совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы, составляют **ксенобиотический профиль биогеоценоза**. Ксенобиотический профиль следует рассматривать как один из важнейших факторов внешней среды (наряду с температурой, освещенностью, влажностью, трофическими условиями и т.д.), который может быть описан качественными и количественными характеристиками. Важными элементами ксенобиотического профиля являются чужеродные вещества, содержащиеся в органах и тканях живых существ, поскольку все они рано или поздно потребляются другими.

Далеко не всегда это приводит к пагубным последствиям для живой при-

роды и населения. Лишь экополлютант, накопившийся в среде в количестве, достаточном для инициации токсического процесса в биоценозе (на любом уровне организации живой материи), может быть обозначен как **экоотоксикант**.

Экоотоксикокинетика – раздел экоотоксикологии, 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.

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

**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). Также возможно образование промежуточных продуктов биотрансформации веществ, обладающих порой более высокой токсичностью, чем исходный агент.

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 оседают на почву и в воду в месте образования. 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.

### **Задания:**

1. Подготовиться и выполнить лабораторную работу № 1 «**Влияние солей тяжелых металлов на активность микроорганизмов почвы**».

Одно из самых важных мест в почвенных экосистемах занимают микроорганизмы. Они являются последней степенью в большинстве пищевых цепей, т. е. суть редуценты. Такие организмы, как плесневые грибки, используют в качестве пищи органические вещества остатков от растений и животных, минерализуя их, делая доступным для растений различные элементы. Тяжелые металлы могут сильно ингибировать их активность. Плесневые грибки в ходе своей жизнедеятельности выделяют различные окрашенные вещества, поглощаемые бумагой, и по размеру окрашивания можно судить об активности плесневых грибков. Изображение пятен переносится на кальку, и определяется площадь

окрашивания.

На основании полученных результатов составляется график зависимости активности микроорганизмов от концентрации тяжелых металлов в почве и сделать выводы.

2. Подготовить доклад по загрязнению объектов окружающей среды тяжелыми металлами. Выбрать один из металлов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Раскройте понятия: «ксенобиотики», «ксенобиотический профиль среды», «эко-поллютант», «экотоксикант», «экотоксичность», «персистирование», «биодоступность».
2. Какие превращения претерпевают загрязняющие вещества в окружающей среде?
3. Охарактеризуйте факторы, влияющие на биоаккумуляцию.
4. Какие биологические эффекты могут возникнуть в результате биоаккумуляции токсиканта в организме животных, растениях, человеке?
5. Какой феномен носит название «биомагнификация»?
6. В чем заключаются прямое, опосредованное и смешанное действия экотоксиканта?
7. Приведите примеры острой и хронической экотоксичности.
8. Сформулируйте принципы оценки токсичности вещества с точки зрения эпидемиологической токсикологии и экотоксикологии.
9. Охарактеризуйте зависимость «доза-эффект».
10. Какой метод широко используется для оценки токсичности химикатов?
11. Что означает термин «опасность»? Какие классы опасности вредных веществ выделяют?
12. Какие понятия относят к показателям потенциальной опасности и реальной опасности?
13. Что может быть нарушено в экосистеме в результате постоянного поступления в нее загрязняющих веществ и энергии в различных видах? Какими показателями можно оценить степень этого нарушения?
14. Каков риск появления нарушения в экосистеме
15. В чем заключаются общие положения, справедливые при рассмотрении проблемы риска любого типа?
16. Какие этапы включает оценка экологического риска?

### **ЗАНЯТИЕ 3.**

#### **ИСТОЧНИКИ ПОЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**

Основные потоки потенциально токсичных веществ возникают в результате различной хозяйственной деятельности человека. Источниками химического загрязнения биосферы стали практически все промышленные предприятия, транспорт, все более или менее крупные населенные пункты, зоны отдыха (рекреации), крупные животноводческие комплексы, территории, занятые пахотными землями. Подавляющая часть отходов образуется в городах, где проживает большая часть населения земли и сконцентрирована основная масса различных производств. Антропогенные потоки вещества, образующиеся в ходе производственной деятельности городского населения, чрезвычайно многообразны, содержат высокие концентрации высокого круга химических элементов, в том числе и токсичных. Включаясь в природные циклы миграции, антропогенные потоки приводят к быстрому распространению загрязняющих веществ в компонентах городского ландшафта, где неизбежно их взаимодействие с человеком. Существенное влияние на процесс загрязнения среды оказывают военные действия. В результате второй мировой войны на полях сражений были складированы тысячи тонн металлов. В результате сравнительно маломасштабной военной операции НАТО в Югославии в 1999 г. потребление таких токсичных элементов, как свинец (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As) и ртуть (Hg), повысилось в результате загрязнения воздуха, воды и почв в Сербии, а также из-за неадекватного качества импортируемых или полученных через гуманитарные цели пищевых продуктов.

По оценке Госкомэкологии РФ суммарный эффект воздействия вооруженных сил на окружающую среду в мирное время сопоставим с влиянием одной из отраслей промышленности среднего масштаба (около 4% общего сброса сточных вод и 1,2% выбросов в атмосферу). По мнению Управления экологии и специальных средств защиты Минобороны РФ, реальные выбросы и сбросы от военных объектов соизмеримы с малыми и средними предприятиями.

Среди техногенных изменений среды обитания организмов наибольшую тревогу вызывает ее загрязнение промышленными и бытовыми отходами. Наибольшую опасность представляют токсические вещества различной природы.

### **Задания:**

1. Подготовить доклады по теме «Источники появления потенциально токсичных веществ в окружающей среде».

2. Дать характеристику различным видам антропогенной деятельности: добыча полезных ископаемых, добыча жидких горючих полезных ископаемых, получение энергии, промышленное производство, коммунальное хозяйство, транспорт, земледелие и животноводство.

3. Подготовить доклады о наиболее опасных экотоксикантах (пестициды, диоксины, бензапирены, БОВ и др.).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие природные источники потенциально токсичных веществ в окружающей среде выделяют?

2. Охарактеризуйте антропогенные источники поступления в окружающую среду потенциально токсичных веществ.

3. Назовите антропогенные источники загрязнения воздушной среды, природных вод, почв.

4. Охарактеризуйте антропогенные потоки вещества, образующиеся в ходе производственной деятельности городского населения.

5. Какое влияние на процесс загрязнения среды оказывают военные действия?

## ЗАНЯТИЕ 4.

### ПРЕВРАЩЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ. ПОСТУПЛЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЫ. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И СВОЙСТВ ОРГАНИЗМА НА СТЕПЕНЬ ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

При изучении загрязнения минеральными веществами обычно исследуют отдельные химические элементы, а не их соединения. При этом в отношении микроэлементов с начала 60-х годов XX в. очень широко используется термин «**тяжелые металлы**», или «токсичные металлы», в англоязычной литературе эти металлы называются также «следовыми» (*trace metals*). Для них характерны высокая токсичность, мутагенный и канцерогенный эффекты. Термин «тяжелые металлы» принято использовать, когда речь идет об опасных уровнях концентрации металлов с атомной массой более 40.

Живые организмы эволюционировали в геохимической среде, их состав формировался и приспособлялся к химическому составу окружающей среды. В связи с этим В.В. Ковальский отмечает, что следует исключить выражение «токсический элемент» (в том числе и «токсичный металл»), а указывать дозу и форму соединения, в которых проявляется токсичность элемента. Любой из микроэлементов при определенном уровне будет проявлять токсичность по отношению к живым организмам. По степени опасности химические элементы подразделяются на три класса (ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения»):

1. As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F.
2. B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr.
3. Ba, V, W, Mn, Sr.

В РФ согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-й – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й – вещества малоопасные.

Таблица 1 – Классы токсичности (опасности) химических веществ

| Показатель                                                                                                                                       | Классы токсичности |            |             |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|-------------|---------|
|                                                                                                                                                  | I                  | II         | III         | IV      |
| <b>ЛД 50 (пероральная), мг/кг</b> Летальная доза 50 = средняя смертельная доза = гибель половины подопытных животных                             | < 15               | 15–150     | 151–5000    | > 5000  |
| <b>ЛД 50 (кожная), мг/кг</b> Летальная доза 50 = средняя смертельная доза = гибель половины подопытных животных                                  | < 100              | 100–500    | 501–2500    | > 2500  |
| <b>ЛС 50 (в воздухе), мг/м<sup>3</sup></b><br>Летальная концентрация 50 = средняя смертельная концентрация = гибель половины подопытных животных | < 500              | 500–5000   | 5001–50000  | > 50000 |
| <b>ПДК (в воздухе рабочей зоны), мг/м<sup>3</sup></b> Пре-<br>дельно допустимая концентрация                                                     | < 0,1              | 0,1–1,0    | 1,0–10,0    | > 10    |
| <b>Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)</b>                                                                                  | > 300              | 3000 – 30  | 29 – 3      | < 3     |
| <b>Зона острого действия</b>                                                                                                                     | < 6,0              | 6,0 – 18,0 | 18,1 – 54,0 | > 54    |
| <b>Зона хронического действия</b>                                                                                                                | > 10,0             | 10,0 – 5,0 | 4,9 – 2,5   | < 2,6   |
| <b>Пороговая концентрация острого действия, мг/л</b>                                                                                             | < 0,01             | 0,01 – 0,1 | 0,11 – 1,0  | > 1,0   |
| <b>Пороговая концентрация хронического действия, мг/л</b>                                                                                        | > 10               | 10 – 5     | 4,9 – 2,5   | < 2,5   |

**Примечание:** Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Показатели опасности делятся на две группы. К первой группе относятся показатели потенциальной опасности – летучесть вещества (или ее производное – коэффициент возможности ингаляционного отравления – КВИО, равный отношению летучести к токсичности при ингаляции в стандартных условиях: 200 °С, экспозиция – 2 часа, мыши), растворимость в воде и жирах и другие, например, дисперсность аэрозоля. Эти свойства определяют возможность попадания яда в организм при вдыхании, попадании на кожу и т.п.



Ко второй группе относятся показатели реальной опасности – многочисленные параметры токсикометрии и их производные. Среди них:

Понятие зоны острого действия ( $Z_{ac}$ ) было предложено одним из основателей российской промышленной токсикологии профессором Н.С. Правдиным. Вещество тем опаснее для развития острого отравления, чем меньше разрыв между концентрациями (дозами), вызывающими гибель. Так, например, аммиак имеет  $Z_{ac} > 100$  (естественный продукт метаболизма, к которому организмы приспособились). Это вещество малоопасное в смысле острого отравления. В то время, например, амиловый спирт имеет очень узкую зону действия –  $Z_{ac} = 3$ . Это опасное вещество в плане возможности развития острого отравления.

Зона хронического действия ( $Z_{ch}$ ) связана с кумулятивными свойствами веществ, ее величина прямо пропорциональна опасности хронического отравления.

Зона биологического действия. Отношение средней смертельной дозы (концентрации) к пороговой дозе (концентрации) при хроническом воздействии. Используется для характеристики кумулятивных свойств ядов.

Зона специфического/избирательного действия. Отношение порога однократного действия, установленного по интегральным показателям, к порогу острого действия по специфическим (системным, органным, рецепторным) показателям. Используется для характеристики специфических свойств яда. Обозначается символом  $Z_{sp}$ .

Кроме этого существует классификация опасности вредных веществ по типу действия на низких уровнях воздействия (приложение 4), которая зависит от их влияния на отдельные системы организма избирательно или на организм в целом, близкие или отдаленные последствия, пути поступления токсиканта в организм (ингаляционно, перорально, наочно).

Все виды источников загрязнения (рассеиваемые пыли, твердые отходы, стоки) содержат широкую группу загрязняющих веществ полиэлементного состава. Сочетание химических элементов характеризует специфические индивидуальные особенности источников загрязнения. Загрязнение окружающей сре-

ды происходит в результате миграции загрязняющих веществ, генерируемых источниками загрязнения.

В атмосферном воздухе жилых территорий крупного промышленного города роль взвесей в составе атмосферы для большинства элементов возрастает до 70-90%. Однако для ряда элементов парогазовая фаза, или, вернее, не улавливаемая фильтром субмикронная фракция, составляет значительную часть содержания (As – 66%, Sb – 67%, Hg – 60%). При анализе особенностей образования техногенной аномалии за счет выпадений из атмосферы также очень важны представления о формах нахождения химических элементов и прежде всего о соотношении растворенных и взвешенных форм. Практически для всех исследованных химических элементов на относительно удаленных и сравнительно чистых территориях в выпадениях из атмосферы преобладают растворимые формы. Вблизи источников выбросов одновременно с увеличением общей массы выпадающей пыли и степени концентрации в ней элементов резко уменьшается доля растворимых форм (кроме Cd).

В ходе исследований выяснилось, что выпадениями фиксируется всего лишь 20-30% массы выбросов. Остальная часть выброса рассеивается, поступая в региональные и глобальные миграционные циклы, создавая «фоновое» загрязнение. Центр наиболее высоких выпадений приурочен к источнику выброса. Влияние процессов глобального переноса антропогенных загрязняющих веществ привело к тому, что сейчас, в сущности, не удастся собрать надежные данные о природном фоновом состоянии воздуха и выпадений, определяемом космогенным, вулканогенным и литогенным поступлением химических элементов.

Элементы, поступающие с выпадениями из атмосферы, концентрируются в самой верхней части почв (0-20 см и 0-40 см). В результате техногенных выпадений и аккумуляирования почвы начинают трансформировать соединения тяжелых металлов, и в почвенных горизонтах возникают новые металлоорганические соединения, которых не было до техногенного загрязнения. Локализация и интенсивность поступления техногенных потоков химических элементов

обуславливает формирование техногенных геохимических аномалий и биогеохимических провинций с различной степенью экологической напряженности. Под действием техногенных выбросов происходит деградация плодородия почв. В поверхностных горизонтах почв в районах промышленных узлов содержание микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов, увеличивается в десятки и сотни раз относительно фоновых концентраций, и загрязненные почвы сами становятся источником загрязнения окружающей среды. В результате на таких промышленных территориях образуются техногенные биогеохимические микропровинции с аномально высоким содержанием микроэлементов, и в конечном счете сильно изменяются состав и свойства почвы вплоть до исчезновения на их поверхности природной растительности. На таких почвах культурные растения настолько меняют свой химический состав, что становятся непригодными для употребления в пищу человека и в качестве фуража для животных. Химическое загрязнение почв тяжелыми металлами – наиболее опасный вид деградации почвенного покрова, поскольку самоочищающая способность почв от тяжелых металлов минимальна, почвы прочно аккумулируют их, чему способствует органическое вещество. Тем самым почва становится одним из важнейших геохимических барьеров для большинства токсикантов на пути их миграции из атмосферы в грунтовые и поверхностные воды. Так как на большей части урбанизированных территорий антропогенное воздействие преобладает над естественными факторами почвообразования, то в городах мы имеем специфические типы почв, характерной особенностью которых является высокий уровень загрязнения. При максимальном проявлении процессов химического загрязнения почва полностью утрачивает способность к продуктивности и биологическому самоочищению, что ведет к нарушению ее экологических функций.

Пестициды – собирательный термин, охватывающий химические соединения различных классов, применяемые в сельском хозяйстве, здравоохранении, промышленности, нефтедобыче и др. Пестициды начали использовать еще в войсках Александра Македонского для борьбы с паразитами человека (поро-

шок долматской ромашки). В здравоохранении пестициды применяют для борьбы с членистоногими – переносчиками таких опасных заболеваний, как малярия, чума, туляремия, энцефалит, сонная и слоновая болезнь, многие кишечные заболевания. В здравоохранении и ветеринарии, кроме того, пестициды используют в качестве дезинфицирующих средств, в промышленности – для предохранения неметаллических материалов (полимеров, древесины, текстильных изделий), борьбы с обрастанием морских судов, особенно в южных морях, для борьбы с сероводородобразующими бактериями, для предохранения труб от коррозии. В наибольших масштабах пестициды используют в сельском хозяйстве для борьбы с членистоногими (инсектициды и акарициды), нематодами (нематоциды), грибными (фунгициды) и бактериальными (бактерициды) заболеваниями растений и животных, а также для борьбы с сорняками (гербициды). К пестицидам относят также регуляторы роста растений (ретарданты), используемые для борьбы с полеганием различных культур, для дефолиации (удаления листьев) и десикации (подсушивания растений на корню), чтобы облегчить уборку урожая, а также для предохранения от заморозков и засухи.

Для уменьшения возможной опасности разработаны следующие требования к современным пестицидам:

- 1) низкая острая токсичность для человека, сельскохозяйственных животных и других объектов окружающей среды;
- 2) отсутствие отрицательных эффектов при длительном воздействии малых доз, в том числе мутагенного, канцерогенного и тератогенного действия (тератогенный – повреждающий зародыш);
- 3) низкая персистентность.

Кроме того, рекомендуемые препараты должны обладать следующими свойствами:

- 1) высокая эффективность в борьбе с вредными организмами;
- 2) экономическая целесообразность использования;
- 3) доступность сырья и производства.

Экологические последствия применения пестицидов оцениваются неод-

нозначно. С одной стороны, при правильном применении пестицидов не только не обнаруживается их повреждающего действия на экосистемы, эта группа соединений даже оказывает положительный эффект. С другой стороны, объемы вносимых в настоящее время пестицидов настолько велики, что вызывают значительные экологические сдвиги. Выявлены такие негативные аспекты воздействия пестицидов на биологические объекты, как мутагенный, канцерогенный, аллергенный. Поэтому современная стратегия охраны окружающей среды ориентируется на постоянное снижение остаточных количеств пестицидов в окружающей среде.

Термин «диоксины» – это совершенно некорректное название целой группы соединений разных химических классов: диоксинов, фуранов и бифенилов, все они содержат атомы хлора. Полное название трех составляющих термина – полихлорированные дибензо-пара-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ). Очень часто выделяют «диоксины и ПХБ», или «диоксины/фураны и ПХБ». Эти вещества относят к «суперэкоотоксикантам», одинаково действующих на организм человека. Максимальная токсичная доза диоксинов для человека при однократном введении может быть в пределах 0,1-1,0 мкг/кг. Расчетная средняя смертельная доза диоксина ( $LD_{50}$ ) при однократном поступлении в организм равна 70 мкг/кг массы тела; минимально действующая ориентировочно составляет 1 мкг/кг, что значительно ниже соответствующих доз всех известных синтетических ядов.

Группа под названием «диоксин» – это более 420 различных соединений. Из них 28 чрезвычайно опасны, но по токсичности они сильно различаются – от сверхтоксичного 2,3,7,8-ТХДД до токсичного октахлордибензофурана или еще менее токсичных ПХБ. В природе, в выбросах промышленных предприятий эти соединения перемешаны в самых различных сочетаниях, что делает проблему их распознавания чрезвычайно трудной (как правило, в настоящее время для анализа диоксинов используют технику хромато-масс-спектрометрии). Диоксины – не промышленный продукт, его выбрасывают в воздух и в воду химиче-

ские производства и целлюлозно-бумажные комбинаты, но главные выбросы дают мусоросжигательные заводы.

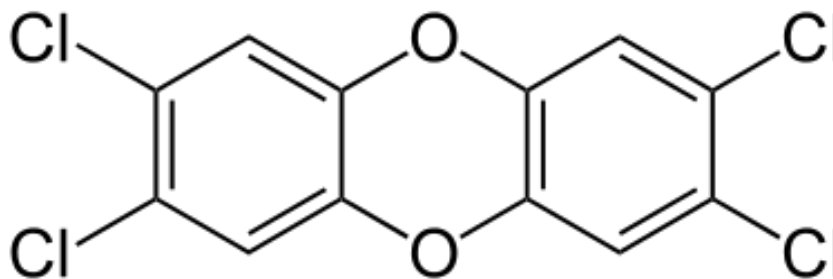


Рисунок 1 – Структурная формула 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксина (2,3,7,8-ТХДД)

Ярким примером биологических последствий действия диоксинов являются последствия использования химического оружия во время войны во Вьетнаме – необратимое уничтожение первичных тропических лесов. В дефолиантах, которые распыляли летчики США, была незначительная примесь побочного продукта, который образовывался при производстве гербицида 2,4,5-Т.

У людей, подвергшихся воздействию диоксинов, искажены иммунные, компенсаторные механизмы организма, биохимические характеристики, проявляются неадекватные реакции организма, например, на лекарственные препараты. Установлено, что даже при отсутствии диоксинов в крови «диоксиновый фактор» продолжает действовать. По данным 1995 г. диоксиновое отравление вызывают более 19 болезней. Диоксины поражают в первую очередь женщин и детей. Журналистское прозвище диоксинов – химический СПИД.

### **Задания:**

1. При сжигании угля на ТЭЦ и на мусоросжигательном заводе с золой происходит значительный выброс ТМ (табл. 4). Используя исходные данные, оцените суммарную эмиссию токсикантов по трем классам опасности (табл. 3) за расчетный период (таблица 2).

Таблица 2 – Исходные данные для решения задач

| Исходные данные                          | Варианты |     |   |   |   |     |     |     |     |     |
|------------------------------------------|----------|-----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                          | 1        | 2   | 3 | 4 | 5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| Расчетный период, мес (t)                | 6        | 5   | 4 | 3 | 2 | 1   | 10  | 12  | 9   | 8   |
| Расход угля на ТЭЦ, т/сут ( $m_1$ )      | 7        | 6,5 | 4 | 6 | 5 | 4,5 | 8   | 7,5 | 5,5 | 8   |
| Масса сжигаемого мусора, т/сут ( $m_2$ ) | 1,8      | 2   | 3 | 4 | 5 | 2,5 | 2,2 | 3,4 | 1,6 | 2,6 |

Таблица 3 – Классы опасности химических элементов и соединений

| Класс опасности | Химические вещества                                                      |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| I               | Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен, бериллий |
| II              | Бор, кобальт, никель, молибден, медь сурьма, хром                        |
| III             | Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофен                   |

Таблица 4 – Удельный выброс тяжелых металлов с золой при сжигании угля на ТЭЦ и мусора на МСЗ, мг/кг топлива

| Металл   | Угольная электростанция, ( $q_{1i}$ ) | Мусоросжигательный завод, ( $q_{2i}$ ) |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Мышьяк   | 490                                   | 180                                    |
| Барий    | 1900                                  | 2100                                   |
| Бериллий | 30                                    | 4                                      |
| Кадмий   | 30                                    | 500                                    |
| Хром     | 370                                   | 650                                    |
| Кобальт  | 40                                    | 140                                    |
| Медь     | 300                                   | 1450                                   |
| Свинец   | 2100                                  | 20000                                  |
| Ртуть    | 5                                     | 130                                    |
| Стронций | 1800                                  | 290                                    |
| Ванадий  | 850                                   | 160                                    |
| Цинк     | 2800                                  | 48000                                  |

**Указания к выполнению:**

1. Рассчитайте количество токсикантов (кг) по группам опасности при работе ТЭЦ по формуле 1:

$$M_{1i} = 30 q_{1i} m_1 t, \quad (1)$$

где  $q_{1i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;

$m_1$  – расход угля на ТЭЦ, т/сут;

$t$  – расчетный период, мес.

2. Рассчитайте количество токсикантов (кг) по группам опасности при работе мусоросжигательного завода по формуле 2:

$$M_{2i} = 30 q_{2i} m_2 t, \quad (2)$$

где  $q_{2i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;

$m_2$  – масса сжигаемого мусора, т/сут;

$t$  – расчетный период, мес.

3. Определите количество образовавшихся за год при сжигании мусора шлаков, если известно, что из 3,5 т мусора получается 1 т шлаков. Количество дней работы мусоросжигательного завода – 320.

4. Сравните полученные данные по загрязнению воздуха тяжелыми металлами с ПДК (приложение 1).

5. Сделайте выводы.

2. В сертифицированной лаборатории, определяющей качество продуктов питания, получены следующие данные по содержанию тяжелых металлов в пересчете на 100 г навески (таблица 5). Охарактеризуйте наличие ТМ с точки зрения допустимости употребления продуктов человеком, используя сведения о ПДК (приложение 2).

Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов в продуктах питания, мг/100 г продукта

| Токси-<br>каны, мг | Варианты              |       |                 |              |             |               |      |       |                         |       |
|--------------------|-----------------------|-------|-----------------|--------------|-------------|---------------|------|-------|-------------------------|-------|
|                    | 1                     | 2     | 3               | 4            | 5           | 6             | 7    | 8     | 9                       | 10    |
| Pb                 | 0,05                  | 0,02  | 0,05            | 0,2          | 0,01        | 0,03          | 0,8  | 0,03  | 0,07                    | 0,2   |
| Cd                 | 0,01                  | 0,005 | 0,01            | 0,05         | 0,002       | 0,001         | 0,3  | 0,004 | 0,01                    | 0,1   |
| As                 | 0,4                   | 0,01  | 0,06            | 0,06         | 0,008       | 0,01          | 0,05 | 0,008 | 0,005                   | 0,05  |
| Hg                 | 0,1                   | 0,001 | 0,002           | 0,04         | 0,005       | 0,001         | 0,05 | 0,002 | 0,003                   | 0,05  |
| Cu                 | 0,7                   | 0,8   | 0,05            | 6            | 0,07        | 0,4           | 25   | 0,3   | 1                       | 5     |
| Zn                 | 3                     | 3     | 0,2             | 10           | 5           | 0,8           | 15   | 5     | 10                      | 15    |
| Продукт<br>питания | рыба<br>мор.<br>морож | крупы | сахар-<br>песок | шоко-<br>лад | моло-<br>ко | овощи<br>свеж | чай  | мясо  | колба-<br>са ва-<br>рен | ПОЧКИ |



| Токси-<br>каны, мг | Варианты |                                           |       |       |                |       |                  |                |                  |             |
|--------------------|----------|-------------------------------------------|-------|-------|----------------|-------|------------------|----------------|------------------|-------------|
|                    | 11       | 12                                        | 13    | 14    | 15             | 16    | 17               | 18             | 19               | 20          |
| Pb                 | 0,02     | 0,02                                      | 0,05  | 0,02  | 0,01           | 0,03  | 0,04             | 0,03           | 0,05             | 0,02        |
| Cd                 | 0,01     | 0,05                                      | 0,01  | 0,005 | 0,005          | 0,001 | 0,003            | 0,003          | 0,01             | 0,001       |
| As                 | 0,001    | 0,01                                      | 0,06  | 0,01  | 0,01           | 0,01  | 0,02             | 0,008          | 0,005            | 0,05        |
| Hg                 | 0,0001   | 0,001                                     | 0,007 | 0,001 | 0,005          | 0,001 | 0,002            | 0,002          | 0,003            | 0,005       |
| Cu                 | 0,4      | 0,8                                       | 0,05  | 0,25  | 0,1            | 0,4   | 0,5              | 0,07           | 1                | 0,5         |
| Zn                 | 2        | 7                                         | 2,5   | 4     | 0,5            | 0,8   | 0,5              | 0,4            | 5                | 1,1         |
| Продукт<br>питания | хлеб     | тушен-<br>ка<br>мясная<br>в жест.<br>таре | грибы | яйца  | масло<br>раст. | сыр   | огурцы<br>марин. | масло<br>слив. | курица<br>охлажд | фрук-<br>ты |

**Указания к выполнению:**

1. Обратите внимание на то, что значения ПДК приведены в пересчете на 1 кг продукта (приложение 2).
2. Превышение значений ПДК даже по одному из элементов является основанием для признания продуктов бракованными.
3. Почему для различных продуктов питания применяются разные значения ПДК?

**Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите химические элементы I, II, III класса опасности.
2. Раскройте понятия «тяжелые металлы», «микроэлементы».
3. Раскройте понятие «геохимическая миграция».
4. Чем определяется интенсивность миграции химических элементов?
5. Раскройте понятие «фоновое содержание», «геохимическая аномалия».
6. Какова роль атмосферы в перемещении техногенных потоков химических элементов? Чем обусловлены миграционные процессы минеральных элементов в почвах?
7. Какой параметр А.И. Перельман назвал коэффициентом биологического поглощения? Поясните механизм поглощения минеральных элементов растениями.
8. В каких эффектах на уровне организма проявляется биологическое действие рту-

ти?

9. Поясните процессы переноса ртути по трофической цепи, каковы их последствия?
10. В каких эффектах на уровне организма проявляется биологическое действие свинца?
11. Поясните процессы переноса свинца по трофической цепи, каковы их последствия?
12. В чем заключается токсичность кадмия для биологических систем, какова роль этого элемента в техногенезе?
13. . Какова биологическая роль селена, в каких эффектах проявляется токсичность этого элемента?
14. Какова биологическая роль мышьяка, в каких эффектах проявляется токсичность этого элемента в отношении живых организмов?
15. Поясните механизм переноса пестицидов по пищевым цепям. В чем заключается опасность пестицидов для биологических объектов.
16. Почему диоксины получили «прозвище» «химический СПИД»?
17. Как образуются диоксины?
18. Назовите источники поступления диоксинов в организм человека, животных.
19. Какое действие оказывают разливы нефти на почву и почвенные организмы?
20. В чем заключается опасность нефтяных разливов в природных водах?

## **ЗАНЯТИЕ 5.**

### **АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМОВ И ПОПУЛЯЦИЙ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЧУЖЕРОДНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Адаптация рассматривается как движущая сила эволюционного процесса, а развитие жизни в целом носит адаптивный характер.

По определению (<http://www.glossary.ru>), адаптация фенотипическая, адаптация физиологическая – любой обратимый процесс приспособления к среде на уровне особи, популяции, вида и биоценоза. Физиологическая индивидуальная адаптация или адаптация в одном поколении организмов называется также фенотипической, или онтогенетической адаптацией. Она может быть закреплена наследственно и перейти в генотипическую. Стоит различать понятия «компенсация» и «адаптация». По-видимому, понятие «компенсация» подразумевает наличие некоторого, уже состоявшегося нарушения биологической системы, которое оказывается компенсированным (возмещенным). Напротив, «адаптация» (в прямом переводе – «приспособление») предполагает такую перестройку системы в ответ на воздействие, которая позволяет ей сохранить устойчивость и не дать развиваться даже скрытым, компенсируемым нарушениям, т.е. перестройку, осуществляемую в рамках вариантов нормы, в тех рамках, в которых система еще не претерпевает качественных изменений. В экологической токсикологии, изучающей функционирование систем надорганизменного ранга, можно говорить о двух уровнях адаптации:

1. Приспособительные реакции в организмах, выраженные в разнообразной коррекции определенных биохимических, физиологических и иных процессов, обеспечивающих их нормальное функционирование. Наличие подобных реакций у животных и растительных объектов широко подтверждается многочисленными данными медицинской токсикологии и не вызывает сомнения.

2. Приспособительные реакции надорганизменного характера, типичные для природных систем, подверженных длительному влиянию неблагоприятных факторов. Под термином «адаптация» в этом случае подразумевается поддер-

жание популяцией некоторого нормального уровня ее функционирования (за счет толерантности особей, плодовитости и т.д.), а также наличие генетической изменчивости, достаточной для того, чтобы посредством естественного отбора адаптироваться к условиям окружающей среды.

В медицине существует понятие адаптационного синдрома, подразумевающего такие реакции организма в ответ на раздражения значительной интенсивности, которые имеют общие неспецифические черты. Процесс адаптации к необычным, экстремальным (крайним) условиям проходит несколько стадий или фаз: вначале преобладают явления декомпенсации (нарушения функций), затем неполного приспособления – активный поиск организмом устойчивых состояний, соответствующих новым условиям среды, и, наконец, фаза относительно устойчивого приспособления. Также можно говорить о неспецифичности реакций природных систем на внешнее токсическое воздействие, если они имеют место. Эта неспецифичность популяционного ответа, с одной стороны, затрудняет диагностику наличия экотоксикологического эффекта; с другой – наши сведения о механизмах популяционных реакций на действия природных факторов позволяют предвидеть процессы, защищающие популяцию и компенсирующие неблагоприятное влияние, вызванное действием токсических факторов. Одним из важнейших проявлений адаптационных явлений в растительных популяциях является направленное изменение их эколого-генетической структуры, позволяющее растительным сообществам выполнять свои биогеоценотические функции в измененных условиях среды.

Проблема популяционной адаптации – сложнейшая в экологической токсикологии. Ее решение во многом базируется на фундаментальных закономерностях популяционной генетики.

### **Задание:**

Подготовиться и выполнить лабораторную работу № 2 «**Влияние солей тяжелых металлов на коагуляцию растительных и животных белков**». Работа наглядно показывает действие солей биогенных и небιοгенных тяжелых

металлов на животные и растительные белки, выявляет разницу в реакции тех и других. Используют растворы солей тяжелых металлов (сульфата меди, нитрата свинца, хлорида кадмия, сульфата цинка и др.) разной концентрации. Белки с тяжелыми металлами образуют комплексы, нерастворимые в воде. Определяют концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей и при разном типе белков. По результатам работы сделать выводы и ответить на следующие вопросы:

1. На какой из вида белков (животный или растительный) сильнее всего действуют выбранные соли?
2. Какова предельно действующая концентрация выбранных солей?
3. Каковы функции белков в растительном, животном и человеческом организме?
4. Какие механизмы адаптации используют растительные и животные организмы.
5. Какой уровень адаптации рассматривается в данной лабораторной работе?

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Раскройте термины «адаптация» и «компенсация».
2. Какие адаптивные реакции изучает экологическая токсикология?
3. Что в экотоксикологии подразумевают под приспособительными реакциями надорганизменного ранга?
4. Приведите примеры проявления адаптационных явлений в растительных популяциях.
5. Приведите примеры ответных реакций популяций животных на внешнее токсическое воздействие.
6. Является ли факт повышенной изменчивости некоторых показателей, возникающей под влиянием техногенного воздействия благом для популяции?

## **ЗАНЯТИЕ 6.**

### **ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ. ПРОЦЕДУРА НОРМИРОВАНИЯ В РАЗНЫХ СТРАНАХ**

**Санитарно-гигиеническое и экологическое нормирование.** В соответствии с природоохранным законодательством РФ нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основаны на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами воздействия на живые организмы. Одним из важных понятий в токсикологии и в нормировании является понятие вредного вещества. В специальной литературе принято называть вредными все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Кроме того, как правило, все ксенобиотики рассматривают как вредные. Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия.

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов. В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации.

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)** – нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды),

массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Санитарно-гигиеническое нормирование охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, хотя редко отражает комбинированное действие (одновременное или последовательное действие нескольких веществ при одном и том же пути поступления) и не учитывает эффектов комплексного (поступление вредных веществ в организм различными путями и с различными средами – с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы) и сочетанного воздействия всего многообразия физических, химических и биологических факторов окружающей среды. Существуют лишь ограниченные перечни веществ, обладающих эффектом суммации при их одновременном содержании в атмосферном воздухе. Для веществ, о действии которых не накоплено достаточной информации, могут устанавливаться **временно допустимые концентрации (ВДК)** – полученные расчетным путем нормативов, рекомендованные для использования сроком на 2-3 года.

Величина токсической дозы не используется в системе нормирования. Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Требования, предъявляемые собственно к источникам воздействия, отражают научно-технические нормативы. К таковым относятся **нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС)**, а также **технологические, строительные, градостроительные нормы и правила**, содержащие требования по охране окружающей природной среды. В основу установления научно-технических нормативов положен следующий принцип: при условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

Сегодня нормирование загрязняющих веществ в природных биогеоценозах базируется на санитарно-гигиенических принципах и нормах, т.е. на приоритетности защиты прежде всего человека. Из этих принципов исходят гигиенисты при установлении ПДК различных веществ в природных средах и продуктах питания. Этот принцип ориентации на обеспечение безопасности человека отражает наше антропоцентрическое мировоззрение и, как правило, оправдан. Однако, человек как биологический вид и человечество как социальная общность, и каждый отдельно взятый ее член в конечном итоге страдают не только от прямого неблагоприятного воздействия на них антропогенных (в том числе и техногенных) факторов, но и от вызываемых этими факторами существенных, а то и необратимых нарушений состояния отдельных экосистем и в целом биосферы. Остается открытым вопрос, всегда ли и в какой мере нормативы, установленные для человека, обеспечивают защиту других объектов живой природы. Ведь изменение качества природной среды за счет обеднения видового состава, снижение устойчивости и даже частичная деградация экосистем имеют своим следствием ухудшение условий существования человека.

Д.А. Криволуцким с соавторами (по: В.С. Безель, 1994) предложены три возможных подхода к экологическому нормированию:

1. **Требование сохранности устойчивости экосистемы в целом**, рассматривая ее как систему взаимосвязанных подсистем. Свойства биоценозов таковы, что при токсических воздействиях, наносящих поражение отдельным звеньям системы, возникает компенсация за счет других элементов, и ценоз продолжает функционировать. Несмотря на сохранность биоценоза как функционирующей системы, происходящие изменения не всегда можно считать допустимыми, поскольку они могут привести к нежелательным изменениям условий существования некоторых видов, которые являются ценными или уникальными.

2. **Требование сохранности каждой популяции**. При этом имеется в виду прямое токсическое действие на организмы, составляющие популяцию, и их потомство, а также косвенное воздействие, опосредованное через систему тро-



фических связей. Например, воздействие на консументы низших порядков может привести к недостаточности кормовой базы для консументов более высокого порядка.

**3. Необходимость учета диапазона естественных колебаний основных экологических параметров**, определяемых по многолетним наблюдениям за функционированием отдельных звеньев или биоценоза в целом. Эти три подхода фактически постулируют несколько уровней экологического нормирования, соответствующих надорганизменному характеру экологической токсикологии.

**Процедура токсикологического нормирования в разных странах.** Все промышленные страны мира в той или иной степени обеспокоены состоянием природной среды. Для контроля за ним используются различные характеристики, называемые индикаторами, индексами, критериями и др. Подход к проблеме оценки состояния природной среды в различных странах неодинаков и определяется их особенностями (географическими, культурными, экономическими и др.). Более того, даже внутри одной страны существуют различия в этих вопросах (различные штаты США, провинции Канады, земли Германии). Важнейшими считаются показатели контроля, отражающие поведение тех веществ, которые представляют наибольшую опасность для населения и природы в данной местности в силу больших объемов выделения или применения, токсических свойств, особенностей транспорта, способности накапливаться в природных объектах, устойчивости к разрушению. Все эти данные рассматриваются в динамике, и положение считается удовлетворительным, если негативные показатели со временем уменьшаются. Выделяются следующие параметры, пригодные для учета: загрязненность среды обитания населенных мест; загрязненность воды; рассеивание токсичных химикатов в природных объектах; сбор, хранение, транспортировка и переработка опасных отходов.

При определении индексов экологической ситуации в качестве основных выделяются:

- стандарты качества питания;

- стандарты качества медико-социальной среды;
- структура заболеваемости;
- экотоксикологические параметры;
- биоиндикаторные тесты;
- параметры биогенного круговорота;
- предельно допустимые уровни дезинтеграции природно-территориальных комплексов;
- индексы ресурсовоспроизводящего потенциала;
- параметры определения удельных нормативов: на единицу территории; на единицу продукции и т.д.;
- индексы оценки риска.

Сама система оценок ЮНЕП (*UNEP, United Nations Environment Programme, Программа ООН по окружающей среде*) в связи с тем, что оперирует глобальными процессами и данными, во многих случаях не обеспеченными репрезентативными рядами, не имеет четкой, логически выдержанной классификационной структуры. В сущности, ее идеология сводится к попыткам подобрать возможные интегральные индексы или экологические индикаторы, исходя из принципа наибольшей обеспеченности национальными данными. Если в случае ресурсных оценок воздействия этот подход реализуется удачно, то в собственно оценках состояния среды (кроме, вероятно, глобальных процессов) – явно нет.

**Экологический индикатор** – это признак, свойственный системе или процессу, на основании которого производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений. Значение индикатора описывает процесс или явление, выходящее за рамки его собственных свойств. Экологический индикатор (критерий) может быть: природоохранным – сохранение целостности экосистем (разнообразия, его местопребывания и т.п.); антропоэкологическим – воздействие на человека, его популяции; ресурсно-хозяйственным – воздействие на всю систему «общество – природа»; социоэко-

номическим – результирующая оценка благополучия экономической системы и качества жизни. Характерно очень высокое удельное значение индикаторов-показателей состояния природных и природно-антропогенных систем.

### **Задание:**

Подготовиться и выполнить лабораторную работу № 3 «**Определение основных токсикологических параметров при действии солей тяжелых металлов на прорастание семян**». Одной из важнейших задач токсикологии является определение токсикологических параметров вредных веществ, т. е. ПДК и  $DL_{50}$  (или  $CL_{50}$ ). Они необходимы для сопоставления с найденными в результате анализов количества (концентрации) вредного вещества и определения степени возможного ущерба, наносимого здоровью этим токсикантом.

Данная работа позволяет на примере растений получить значение ПДК и  $CL_{50}$  для различных токсикантов на примере солей тяжелых металлов. Используются соли тяжелых металлов разных концентраций (сульфата меди, нитрата свинца, хлорида кадмия, сульфата цинка и др.). Приготовленные растворы, а также в качестве контроля дистиллированная вода наливаются в чашки Петри по 5 мл, затем туда же помещаются вырезанные кружки фильтровальной бумаги (в случае последующего анализа состава воды после эксперимента они не вкладываются). Отсчитываются семена редиски или другого растения с коротким временем прорастания и помещаются в количестве 50 или 100 семян в каждую чашку Петри. Каждый вариант готовится в трех повторностях.

Чашки Петри закрываются крышками и помещаются в темное место. По мере высыхания в них добавляются порции дистиллированной воды до первоначального объема.

Через 7-8 дней производят подсчет проросших семян (энергия прорастания), длину корешков, вес растений, предварительно подсушенных фильтровальной бумагой.

Полученные результаты записывают в таблицу (таблица 6) и на их основании строится график.

Таблица 6 – Результаты опыта при воздействии разных концентраций сульфата меди (нитрата свинца, хлорида кадмия, сульфата цинка и др.)  
(выбрать нужное)

| Показатель                       | Концентрация соли тяжелого металла<br>(молярный раствор) |           |          |         |        |       |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|----------|---------|--------|-------|
|                                  | Контроль<br>(дист. вода)                                 | 0,00001 М | 0,0001 М | 0,001 М | 0,01 М | 0,1 М |
| Степень прорастания, %           |                                                          |           |          |         |        |       |
| Длина корешков, мм               |                                                          |           |          |         |        |       |
| Масса всех семян и проростков, г |                                                          |           |          |         |        |       |

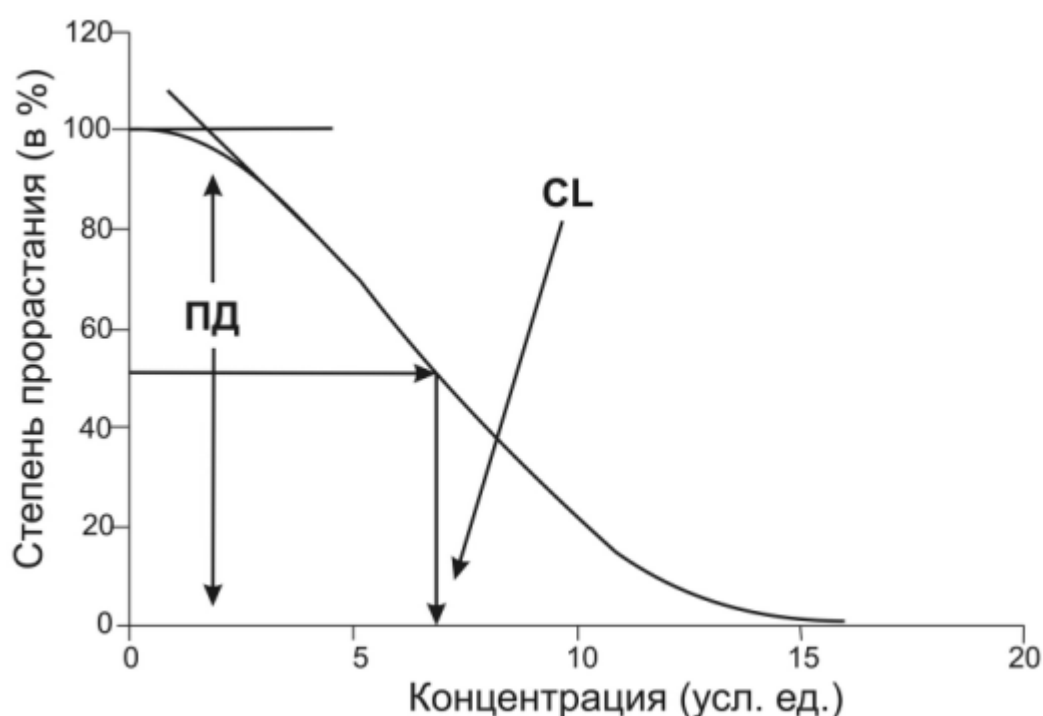


Рисунок 2 – Зависимость степени прорастания семян от концентрации соли

На рисунке 2 изображена кривая влияния фактора на прорастание семян. Видно, что по мере увеличения концентрации вещества уменьшается величина прорастания семян. На рисунке 1 приведены методы определения ПДК как точки пересечения линии, параллельной оси абсцисс, и продолжения кривой зависимости.  $CL_{50}$  определяется как концентрация, при которой наблюдается половинное прорастание семян.

По результатам работы сделать выводы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем отличие санитарно-гигиенического нормирования от экологического?
2. Раскройте понятие допустимой антропогенной нагрузки.
3. Какие экологические критерии и показатели, характеризующие качество природной среды, выделяют?
4. Назовите общие принципы отбора видов-индикаторов.
5. Что понимают под термином «индикатор устойчивого развития»?
6. Охарактеризуйте кратко процедуру токсикологического нормирования в разных странах.

## ЗАНЯТИЕ 7.

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. БИОИНДИКАЦИЯ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ

Химическая экотоксикология использует весь арсенал химико-аналитических методов, пригодных для обнаружения и количественного определения микропримесей токсикантов в объектах природной и окружающей среды человека. Однако специфическими для этой науки являются биологические методы исследования – **биоиндикация и биотестирование**.

**Биоиндикация** – оценка качества природной среды по состоянию её био-  
ты.

**Биотестирование** (биологическое тестирование) – оценка качества объектов окружающей среды (чаще всего воды, почвы, кормов, различного рода продукции) по ответным реакциям живых организмов, являющихся тест-объектами.

Традиционные химико-аналитические методы дают как бы «моментальный снимок» картины загрязненности определенных объектов (вода, почва, донные отложения и т.д.) конкретными токсикантами.

Последствиями антропогенного воздействия на природные экосистемы являются нарушения структурного и функционального характера: изменение средней биомассы входящих в них популяций; уменьшение числа высших таксонов; замена доминирующих видов; появление новых форм; нарушение соотношения процессов продукции и деструкции органического вещества; изменение потоков энергии в экосистеме.

Они не могут отразить состояние экосистемы в целом. Химические методы не предназначены для индикации таких изменений.

Отличительной чертой **биоиндикации** является то, что на основании получаемой с ее помощью информации можно судить об особенностях окружающей среды и происходящих в ней изменениях. Приемы биоиндикации используются человеком издавна:

Поведение животных помогает предсказать повышенную сейсмическую

активность (надвигающееся землетрясение);

Обилие в травостое конского щавеля свидетельствует о кислом характере почвы. Пигментация листьев табака вследствие некротизации свидетельствует о наличии в воздухе фитооксидантов (озона, органических пероксидов), что обусловлено возникновением и тяжестью «смоговой ситуации».

В качестве биоиндикатора обычно выступает определенный биологический вид или сообщество видов, по наличию, поведению или состоянию которого судят об особенностях среды обитания и происходящих в ней естественных или антропогенных изменениях.

Способность к бионакоплению индикаторными организмами загрязняющих компонентов облегчает также их определение в объектах природной среды традиционными методами аналитической химии: рациональнее определять липофильный токсикант (диметилртуть, ТХДД), присутствующий в водной экосистеме в ультрамалых количествах, анализируя не саму воду, а жировую ткань хищной рыбы, находящейся на одном из высших трофических уровней этой экосистемы.

Выявлены многие виды растений и животных избирательно накапливающие из окружающей среды микроэлементы и отдельные классы органических экотоксикантов в отношениях  $1/10^4$ - $1/10^6$  (на порядок больше, чем остальные объекты окружающей среды).

Мониторинг – это слежение за каким-либо объектом или явлением (в широком понимании).

Под **экологическим мониторингом** в настоящее время понимают комплексную систему наблюдения, оценки и прогноза изменений в природной среде под влиянием антропогенных воздействий с целью предотвращения возникновения критических ситуаций.

Биомониторинг является составной частью мониторинга экологического и осуществляется путем слежения за откликом биологических объектов (организм, популяция, сообщество организмов разных видов) на природные и антропогенные воздействия.

Откликом может служить изменение метаболизма, заболеваемость, изменение многолетней динамики численности популяции, деструкция биоценоза и др.

**Биологические индикаторы** могут быть разделены на две группы:

1. Биоиндикаторы уровней загрязнения – это организмы концентраторы, с их помощью определяют содержание экотоксикантов в объектах природной и окружающей человека среды.

2. Биоиндикаторы состояния экосистемы – они наиболее полно и прямо соответствуют конечным задачам экологического мониторинга.

Требования, предъявляемые к биоиндикаторам (Степанов, 1988):

1. **Широкий ареал.** Эндемичные виды и даже виды с узким ареалом не обеспечивают охвата всего многообразия физико-географических и иных условий достаточно крупных регионов (однако такие виды могут быть использованы при определении регионального фона загрязняющих компонентов и сдвигов в специфических для региона экосистемах).

2. **Эвритопность** (Э.О. растения и животные, способные существовать в разнообразных условиях среды и обладающие широким диапазоном экологической выносливости. Ареалы их обычно очень обширны). Виды, приуроченные к определенным стадиям сукцессии, не подходят для биоиндикационных исследований.

3. **Оседлость.** Популяция будет адекватно отражать степень антропогенного воздействия (в том числе уровень загрязнения), если она постоянно находится в данном регионе и на всех стадиях жизненного цикла контактирует с загрязняющими компонентами. Максимально допустимая миграция должна ограничиваться рамками одного ботанико-географического района.

4. **Антисинантропность.** Виды-индикаторы должны принадлежать к естественным сообществам и не быть связанными с человеком. Синантропные виды, питающиеся около населенных пунктов, не могут характеризовать загрязненность обследуемого региона и, с другой стороны, не отражают степень адаптации естественных сообществ к загрязнению.



**5. Индикационная пластичность вида.** Наиболее удобен для биоиндикации загрязнений вид, совмещающий чувствительность (проявляющуюся в регистрируемых изменениях состава тканей, метаболизма или поведения в ответ на экспозицию небольшими количествами экотоксиканта) и толерантность, т.е. способность функционировать при поступлении больших доз загрязняющих компонентов. При прочих равных условиях предпочтение следует отдавать организмам с коротким жизненным циклом, накопление экотоксикантов у которых отражает их содержание в окружающей среде в данный момент.

**6. Достаточная масса пробы.** Для получения представительных и пригодных для сопоставления с установленными в иных регионах (или в другое время) результатов приходится отбирать довольно большие пробы. При определении их размера можно прибегнуть к следующему методу. При мониторинговых исследованиях, как правило, известен коэффициент вариации ( $S$ ) для единичных образцов при средней концентрации ( $C$ ) определяемого компонента. Тогда для заданной статистической значимости результатов анализов ( $D$ ) необходимая величина пробы ( $N$ ) определяется соотношением (3):

$$N = (S/D)^2. \quad (3)$$

Например, при сопоставлении загрязненности двух озер гексахлорбензолом предлагается использовать в качестве биоиндикатора оседлого хищника – щуку. Известно, что значение  $B = 0,3$  достаточно для выявления статистически значимых различий. При средней концентрации токсиканта в гомогенатах мышечной ткани щуки, равной 10 нг/г, предварительно определенная величина  $S = 1,5$ . Подстановка этих значений в приведенное уравнение дает необходимый размер пробы в 25 экз.

Это требование ограничивает выбор индикаторов теми видами, численность и биомасса которых в пределах обследуемого района достаточно высока. Существенным является отсутствие сильных колебаний численности особей выбранного вида, что позволяет проводить исследования на протяжении ряда лет.

**7. Простота добычи и учета.** Первое из этих требований может оказаться

особенно важным при организации широких, охватывающих многие районы обследований. Учет таких показателей, как численность, биомасса, половозрастная структура популяции и т.д., необходим для биоиндикации состояния экосистем. Но он же бывает весьма полезен при индикации уровня загрязненности, часто коррелирующего с перечисленными показателями. Поэтому для развития биоиндикационных методов и их унификации большое значение имеет создание стандартных методов учета.

**8. Изученность видов и внутривидовых таксонов.** Легкость определения упрощает процедуру отбора и предотвращает появление неопределенностей, связанных с межвидовыми различиями метаболизма. Например, сложности в интерпретации результатов исследований могут возникнуть, если в качестве индикаторного растения будет выбрана береза. С одной стороны, использование ее представляется привлекательным и обоснованным, поскольку береза относится к числу эдификаторов лесной зоны европейского континента. Однако в нем встречаются 34 трудноразличимых вида из рода *Betula*, легко скрещивающихся и дающих множество гибридных форм, отличающихся метаболизмом.

Требование изученности относится не только к морфологии, таксономии и экологии видов, но также и к их способности накапливать экотоксиканты.

#### **Задания:**

1. Подготовиться и выполнить лабораторную работу № 4 «**Экспресс-метод определения общей токсичности биотестированием кормов на стилонихиях (*Stylonychia mytilus*)**».

Метод основан на извлечении из исследуемых кормов различных фракций токсических веществ водой с последующим воздействием этих экстрактов на стилонихий. Оценку результату биотеста дают по реакции гибели инфузорий. Безопасным в этом случае следует считать корм, определенный как нетоксичный при параллельном исследовании как ацетонового, так и водного экстракта. С учетом времени подготовки пробы корма к биотесту определение общей токсичности одной пробы занимает 3,5-4 ч; десяти проб – 4,5-5 ч. Нетоксичный

сичным следует считать образец корма, определенный нетоксичным при параллельном биотестировании как водного раствора ацетонового экстракта, так и водного раствора испытуемого корма. Нетоксичный корм дальнейшему исследованию не подлежит и используется по назначению без ограничений. Слаботоксичные и токсичные корма (хотя бы по одному из исследованных экстрактов) направляют на биотестирование основными методами, а также на микологические, химико-токсикологические и бактериологические исследования.

2. Подготовить доклад и презентацию о методах, используемых для индикации природных сред или тестирования различных объектов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое биоиндикация?
2. Что такое биотестирование?
3. Какие требования предъявляются к организмам-индикаторам?
4. Каким требованиям должны отвечать тест-объекты?
5. В чем заключается метод «рыбной пробы»?
6. Назовите тест-функции, используемые в качестве показателей биотестирования для различных объектов?

## **II САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа студентов рассматривается как одна из форм обучения, которая предусмотрена ФГОС и рабочим учебным планом по специальности и направлена на формирование заявленных компетенций:

Целью самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов является обучение навыкам работы с учебной и научной литературой и практическими материалами, необходимыми для изучения курса дисциплины «Экологическая токсикология» и развития у них способностей к самостоятельному анализу полученной информации.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

***Тема 1. Экологическая токсикология. Предмет, методы и задачи дисциплины.***

Экологическая токсикология. Предмет и объекты. Связь экологической токсикологии с другими науками: токсикологией, популяционной экологией, экологической химией, мониторингом окружающей среды, экологической экспертизой, охраной окружающей среды. Основные понятия экологической токсикологии: «загрязнение окружающей среды», поллютант, ксенобиотик. Ксенобиотический профиль среды.

***Тема 2. Характеристика токсических веществ. Критерии и концепции оценки токсичности вещества.***

Токсикант. Проблема определения яда. Основные токсикометрические характеристики. Концентрация и доза яда. Пороги физиологического и токсикологического действия (острого, хронического, специфического). Летальная концентрация, доза. Зона острого, хронического, специфического действия токсиканта. Кумуляция токсиканта, коэффициент кумуляции. ПДК. ПДД. Токсичность и опасность ядов. Классификация ядов по степени токсичности и опасности. "Коэффициенты запаса".

***Тема 3. Превращения токсичных веществ в окружающей среде. Абиотическая и биотическая трансформация***

Источники загрязнения и основные химические группы потенциально токсичных загрязняющих веществ. Источники загрязнения окружающей среды: природные и антропогенные. Пути, формы и объемы поступления веществ в биосферу. Классификация источников антропогенного загрязнения. Токсикологическая характеристика неорганических веществ. Токсикологическая характеристика органических веществ. Основные группы загрязнителей, пути их миграции, трансформации и накопления в экосистемах.

#### ***Тема 4. Закономерности токсического действия вредных веществ.*** ***Токсические эффекты***

Пути поступления токсикантов в организм. Биоконцентрирование, биоаккумуляция, биомагнификация. Закономерности концентрирования токсических веществ в живых организмах. Трансформация токсических веществ в экосистемах. Миграция токсических веществ по трофическим цепям. Процессы детоксикации тяжелых металлов, хлорорганических, фосфорорганических пестицидов и других химических токсикантов. Закономерности выведения чужеродных веществ. Механизмы реализации токсического действия ядов. Влияние факторов среды и свойств организма на степень токсического эффекта. Закономерности химических превращений и взаимодействия с биологическими объектами. Формы эффектов токсикантов при их совместном действии на организм: синергизм, аддитивность, синергизм, антагонизм. Химические токсиканты, канцерогены, мутагены, тератогены.

#### ***Тема 5. Основные токсические загрязняющие вещества и их действие на живые организмы и экосистемы***

Основные классы токсичных веществ. Основные химические группы потенциально токсичных загрязняющих веществ: тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, хром, мышьяк, медь, никель, кобальт, цинк, олово, алюминий, селен и др.); диоксины и их производные; стойкие органические загрязнители и хлорорганические пестициды; нитраты и нитросоединения, асбест и другие минеральные волокна; полициклические ароматические углеводороды, кислотобразующие соединения. Токсины бактериальные, микотоксины, токсины рас-

тельные (алкалоиды и гликозиды), токсины змей, пауков и др. Их токсикологическая характеристика.

### ***Тема 6. Радиация и радиоактивное загрязнение окружающей среды***

Типы ионизирующего излучения. Воздействие на организмы малых доз радиации. Пути поступления радиоактивных веществ в организм. Механизмы биологического действия радиоактивных веществ на живые организмы. Сочетанные и комбинированные радиационные воздействия. Формы отдаленных последствий биологического действия радиоактивных веществ: неопухолевые и опухолевые формы. Основные принципы нормирования воздействия ионизирующих излучений на живые организмы.

### ***Тема 7. Гигиеническое регламентирование химических веществ***

Обязательная токсикологическая оценка и гигиеническое регламентирование всех химических веществ, обращающихся в народном хозяйстве в соответствии с государственным законодательством РФ. Гигиеническое регламентирование как выполнение стандартного набора обязательных требований с целью обеспечения безопасного для здоровья человека производства или применения товарной продукции.

### ***Тема 8. Токсикологическое нормирование***

Основы санитарно-гигиенического нормирования. Основные понятия, определения и структура системы нормирования. Нормирование качества воздуха. Нормирование качества воды. Нормирование качеств почв. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания. Нормирование источников воздействия. Нормирование в области радиационной безопасности.

### ***Тема 9. Биологические методы контроля состояния экосистем. Биоиндикация и биотестирование***

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Животные и растительные биоиндикаторы, почвенная мезофауна. Биоиндикация в пресноводных и морских экосистемах Требования, предъявляемые к биоиндикаторам. Биотестирование и биоидентификация.

## ***Вопросы для текущего контроля по дисциплине***

### ***«Экологическая токсикология»***

1. Экологическая токсикология – новая область науки об окружающей среде, ее предмет и объекты исследования, связь с другими науками. Классификация токсических факторов.
2. Типы токсического воздействия загрязняющих веществ на живой организм: цитотоксическое, тератогенное, генетическое.
3. Химическое и радиоактивное загрязнение среды. Химические канцерогены, мутагены, тератогены. Их характеристика.
4. Доза-эффект. Пороговая и беспороговая концепция. Методы оценки воздействия.
5. Формы эффектов токсикантов при их совместном действии на организм: сенсibilизация, аддитивность, синергизм, антагонизм.
6. Закономерности концентрирования токсических веществ (тяжелых металлов и хлорорганических и других соединений) в живых организмах, в популяциях растений и животных.
7. Закономерности химических превращений и взаимодействия с биологическими объектами. Трансформация токсических веществ в экосистемах. Миграция токсических веществ по трофическим цепям.
8. Закономерности выведения чужеродных веществ из организма. Пути удаления и захоронения чужеродных веществ в окружающей среде.
9. Воздействие токсических веществ на организм и его системы.
10. Закономерности накопления токсических веществ в организме растений, животных (позвоночные, беспозвоночные, наземные, водные) и человека.
11. Особенности эффектов токсичных веществ на популяции. Возможности адаптации популяций к техногенному загрязнению.
12. Моделирование динамики популяций в условиях токсического стресса.
13. Особенности эффектов токсичных веществ на сообщества, модельные и реальные экосистемы. Показатели токсического действия на экосистемы.
14. Динамика сообществ и биологического разнообразия в условиях хи-

мического загрязнения окружающей среды.

15. Динамика растительных и животных сообществ в зоне воздействия промышленных предприятий.

16. Закономерности воздействия токсических веществ на геном и изменения генофонда популяций.

17. Химическое загрязнение и здоровье населения.

18. Методы биоиндикации и биотестирования. Их место в системе экологического контроля.

19. Виды – биоиндикаторы в экотоксикологии.

20. Фитоиндикация загрязнения воздушной среды города.

21. Биоиндикация загрязнения окружающей среды в зоне действия промышленных предприятий.

22. Экотоксикологический мониторинг, его задачи и виды.

23. Роль биологического мониторинга в контроле загрязнения окружающей среды. Примеры комплексного биомониторинга в экотоксикологии.

24. Проблемы нормы и патологии на организменном и надорганизменном уровнях. Критерии нормы экосистем.

25. Основные концепции и последовательность экологического нормирования.

26. Токсичность и способы ее оценки. Оценки взаимодействия организма с ксенобиотиком. Расчет предельных нагрузок.

27. Моделирование токсического эффекта воздействия на популяцию и сообщество.

28. Прогнозирование экологического эффекта воздействия токсических веществ.

29. Задачи и формы экотоксикологического нормирования. Его превентивная роль в ограничении возможного загрязнения.

30. Защита организма от вредного воздействия чужеродных веществ: внешние и внутренние барьеры. Детоксикация и активация, полный и частичный метаболизм, «летальный синтез».



### **III КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

#### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Контрольная работа по дисциплине «Экологическая токсикология» является самостоятельной работой студентов и выполняется в соответствии с учебной программой по направлению подготовки 06.03.01 *Биология, профиль Экологические биотехнологии*. Работа является целостным трудом, посвященным отдельно взятой проблеме в области экологической токсикологии.

Цель выполнения контрольной работы – углубленное изучение отдельных тем и разделов учебной дисциплины «Экологическая токсикология».

При выполнении контрольной работы студент рассматривает поведение токсикантов в природных и искусственных (сельскохозяйственных) экосистемах, влияние их на продовольственное сырье и готовую продукцию, и меры снижения их вредного воздействия.

Тематику контрольных работ определяет преподаватель кафедры, осуществляющий руководство научной работой студентов. Темы работ задаются в соответствии с проблемами, рассматриваемыми в курсе изучения дисциплины «Экологическая токсикология».

Темы работ и требования по их написанию доводят до сведения студентов в течение первых двух недель текущего семестра.

Студент может самостоятельно выбрать тему для контрольной работы, обязательно согласовав ее с преподавателем.

Контрольная работа должна иметь следующую структуру:

- титульный лист (приложение 5);
- содержание;
- перечень сокращений, условных обозначений (при необходимости);
- список использованной литературы;
- приложения (при необходимости).

К выполнению задания следует приступить после изучения программного материала, усвоив курс дисциплины «Экологическая токсикология».

## ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Стратегические подходы к обеспечению безопасности производства и использования химических веществ для здоровья человека.
2. Биоиндикация и биотестирование природных сред как основа экологического контроля.
3. Токсиколого-гигиеническая оценка опасности отходов бывших предприятий по производству и использованию отравляющих веществ.
4. Экологическая оценка состояния окружающей водной среды методом биоиндикации.
5. Мониторинг пестицидов в окружающей среде и сельскохозяйственной продукции: эколого-токсикологические и аналитические аспекты.
6. Закономерности воздействия токсикантов на живые системы на клеточном, организменном и популяционном уровне.
7. Токсины животного происхождения. Классификация и краткая характеристика.
8. Токсины растительного происхождения. Алкалоиды и гликозиды.
9. Реакция экологических систем на загрязнение среды. Прямое токсическое воздействие.
10. Токсикологическая характеристика основных групп пестицидов. Потенциальная опасность пестицидов для человека и окружающей среды.
11. Загрязнение объектов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Последствия загрязнения для водных экосистем. Экологические методы очистки.
12. Диоксины. Факторы токсичности. Допустимая суточная доза. Источники выбросов диоксинов. Проблема диоксинов в России.
13. Стойкие органические загрязнители (СОЗ). Конвенция о СОЗ. Стойкие органические загрязнители в Европе и РФ.
14. Поливинилхлорид (ПВХ). Жизненный путь. Социальные аспекты проблемы ПВХ. Альтернативные замены для ПВХ.
15. Полихлорированные бифенилы (ПХБ) – суперэкоотоксиканты нашего

времени. Токсикологическая характеристика.

16. Воздействие токсикантов на популяционную структуру, динамику популяций растений и животных.

17. Показатели оценки популяционного стресса: морфологическая внутрипопуляционная изменчивость, цитогенетические изменения, темпы роста, частота аномалий развития и поведения. Возможности адаптации популяций к техногенному загрязнению.

18. Динамика сообществ в условиях радиоактивного загрязнения. Нормирование в области радиационной безопасности.

19. Тяжелые металлы как супертоксиканты. Токсикологическая характеристика тяжелых металлов (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк).

20. Формы эффектов токсикантов при их совместном действии на организм: сенсбилизация, аддитивность, синергизм, антагонизм.

21. Закономерности химических превращений и взаимодействия с биологическими объектами. Трансформация токсических веществ в экосистемах. Миграция токсических веществ по трофическим цепям.

22. Закономерности выведения чужеродных веществ из организма. Пути удаления и захоронения чужеродных веществ в окружающей среде.

23. Зоны чрезвычайной ситуации и экологического бедствия на примере РФ и Новосибирской области.

24. Основы экологической политики и экологической безопасности в России.

25. Международные организации в области охраны окружающей среды. Нормативные документы. Деятельность.

26. Популяционная экотоксикология человека. Химическое загрязнение и здоровье населения.

27. Технические средства и методы защиты атмосферы от выбросов промышленных предприятий.

28. Распространение и поведение ксенобиотиков в окружающей среде (воздух, почва, вода, растения и животные). Биodeградация ксенобиотиков.

29. Система управления отходами. Обезвреживание и переработка твердых коммунальных отходов. Практика других государств, пути решения проблемы в РФ.

30. Преобладающие виды загрязняющих компонентов по ведущим отраслям промышленности (нефтедобывающая, целлюлозно-бумажная, металлургическая, горнодобывающая, химическая, пищевая и др. виды промышленности). Утилизация отходов.

## **ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

При оформлении текста контрольной работы используют стандартный формат А 4 (297 × 210 мм). Текст пишут на одной стороне листа. Страницы нумеруют арабскими цифрами в правом нижнем углу. Если текст набирают в текстовом редакторе Microsoft Word, рекомендуется использовать шрифты: ХО Thames: размер шрифта – 14 пт, интервал полуторный. Абзацный отступ 4 знака (1,25 см). Поля страницы: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее и нижнее – 2 см.

Открывается работа титульным листом, где указывают полное название университета, факультет (институт), кафедру, дисциплину, фамилии студента и преподавателя, место и год написания. Титульный лист включают в общую нумерацию, но номер на нем не прописывают (приложение).

На следующей странице помещают оглавление с точным названием каждого раздела и указанием страниц размещения их в тексте.

Таблицы, схемы, графики, диаграммы и прочий вспомогательный материал выносят в приложения.

Общий объем работы не должен превышать 10-15 страниц для печатного варианта.

Список литературы составляют по правилам библиографического описания. Все использованные литературные источники располагают в алфавитном порядке и пронумеровывают. В тексте реферата ссылки обозначают этими цифрами. Рекомендуется использование литературы, изданной в последние 10

лет. Необходимо подбирать периодические источники (газеты, журналы, сборники статей и т.д.). Поощряется использование зарубежной литературы. Список литературы должен составлять не менее 10 источников.

## **ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

### ***1. Книги с одним автором***

- *Каплин В.Г.* Основы экотоксикологии / В.Г. Каплин. – Москва: КолосС, 2007. – 232 с.
- *Позняковский В.М.* Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов / В.М. Позняковский. – Сиб. унив. изд-во, 2007. – 456 с.
- *Куценко С. А.* Основы токсикологии / С.А. Куценко. – Санкт-Петербург: Фолиант, 2004. – 720 с

### ***2. Книги с двумя и более авторами***

- *Витол И.С.* Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания / И.С. Витол, А.В. Коваленок, А.П. Нечаев. – Москва: ДеЛи принт, 2010. – 352 с.
- *Ивантер Э. В.* Экологическая токсикология природных популяций птиц и млекопитающих Севера / Э.В. Ивантер, Н.В. Медведев. – Москва: Наука, 2007. – 229 с.
- *Филенко О. Ф.* Основы водной токсикологии / О.Ф. Филенко, И. В. Михеева. – Москва: Колос, 2007. – 144 с.

### ***3. Книги под редакцией***

- *Проблемы сельскохозяйственной экологии* / под ред. А.Г. Незавитина. – Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 2000. – 255 с.
- *Основы общей промышленной токсикологии* / под ред. Н.А. Толоконцева, В.А. Фролова. – Ленинград: Химия. Ленинград. отд-ние, 1996 – 350 с.
- *Экология, здоровье и природопользование в России* / под ред. В.Ф. Протасова. – Москва: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.

#### **4. Статьи из периодических изданий**

- Зеленин К.Н. Что такое химическая экотоксикология / К.Н. Зеленин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – № 6 (Т. 6). – С. 32-35.
- Новиков Ю.В. Проблема диоксинов в окружающей среде / Ю.В. Новиков, Г.Д. Минин, М.М. Сайфутдинов // Токсикологический вестник. – 1994. – № 1. – С.25-27.
- Довгалюк А. И. Оценка фито- и цитотоксической активности соединений тяжелых металлов и алюминия с помощью корневой апикальной меристемы лука / А.И. Довгалюк, Т.Б. Калиняк, Я.Б. Блюм // Цитология и генетика. – 2001. – Т. 35. – № 1. – С. 3-9.

#### **5. Статьи из сборников**

- Жаркова И.М. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания / И.М. Жаркова, Т.Н. Малютина // Материалы IV Общерос. науч. конф. «Современные проблемы науки и образования», Москва, 17-19 февр. 2009 г. – Москва, 2009. – № 1. – С. 27.
- Крюкова М.В. Биоиндикаторы растительного покрова как показатели устойчивости водных экосистем / М.В. Крюкова // Тез. докл. V Всерос. конф. по вод. растениям «Гидрботаника 2000», Борок, 10-13 окт., 2000 г. – Борок, 2000. – С. 166-167.
- Балушкина Е.В. Критерии и методы оценки антропогенной нагрузки и качества воды / Е.В. Балушкина // Тез. докл. Междунар. науч. конф. «Малые реки: современное экологическое состояние, актуальные проблемы». – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. – С. 19-20.

#### **6. Автореферат диссертации**

- Егорова И. Н. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в сырьевых лекарственных растениях Кемеровской области: автореф. дис... канд. биол. наук / И.Н. Егорова. – Томск, 2010. – 24 с.
- Булгаков Н. Г. Технология регионального контроля природной среды по данным биологического и физико-химического мониторинга: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н.Г. Булгаков. – Москва: МГУ, 2009. – 22 с.

- *Воробейчик Е. И.* Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Е.И. Воробейчик. – Екатеринбург, 2003. – 50 с.

### **7. Электронные ресурсы**

- *Иванов А.А.* Характеристика микробиологических показателей безопасности продовольственного сырья и продуктов питания / А.А.Иванов, М.А.Малиновская, В.В. Мясникова; под. ред. д-ра мед. наук, проф. М.В. Фокина. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа:

[http://www.fcgsen.ru/14/documents/220904\\_MicroBiological.html](http://www.fcgsen.ru/14/documents/220904_MicroBiological.html).

- *Балацкий Н.Н.* Природа Новосибирского края / Н.Н. Балацкий. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: // <http://www.balatsky.ru>.

- *Корбут А.В.* Продовольственная безопасность населения России: состояние, тенденции, проблемы / А.В. Корбут. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.budgetrf.ru/Publications/Magazines/VestnikSF/2002/vestniksf182-26/vestniksf182-26010.html>.

## **ПОРЯДОК ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ И АТТЕСТАЦИЯ РАБОТЫ**

Завершенную и полностью оформленную работу представляют преподавателю для окончательной проверки и предварительной оценки не позднее, чем за три недели до начала экзаменационной сессии. Преподаватель проверяет работу и дает заключение в срок до 7 дней. Контрольные работы, не отвечающие установленным требованиям, возвращаются для доработки с учетом сделанных замечаний.

Контрольные работы, по которым итоговая оценка является неудовлетворительной, студенты дорабатывают и представляют к концу экзаменационной сессии.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Акатьева, Т. Г.* Экологическая токсикология: учебник / Т. Г. Акатьева. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2021. – 390 с. – Текст: электронный // Лань: ЭБС. – URL: <https://e.lanbook.com/book/175133>
2. Токсикология: промышленные и экологические аспекты: учебное пособие / В.М. Смирнова, А.В. Борисов, Г.Н. Борисова, Е.Г. Ивашкин. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019. – 240 с. – ISBN 978-5-502-01168-6. – Текст: электронный // Лань: ЭБС. – URL: <https://e.lanbook.com/book/151391>
3. *Безель, В.С.* Популяционная экотоксикология / В.С. Безель, В.Н. Большакова, В.Л. Воробейчик. – Москва: Наука, 1994. – 80 с.
4. *Бятян, А.Н.* Основы общей и экологической токсикологии: учебное пособие для студентов вузов / А.Н. Бятян, Г.Т. Фрумин, В.Н. Базылев. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2009. – 352 с.
5. *Ветеринарная токсикология с основами экологии: учебное пособие для вузов /* Под ред. М.Н. Аргунова. – Санкт-Петербург: Лань, 2007. – 416 с.
6. *Горбовский, А.Д.* Проблемы реализации конвенции о запрещении химического оружия. Химические средства несмертельного действия, их преимущества и проблемы использования / А.Д. Горбовский // Химическая и биологическая безопасность. – 2002. – № 4-5. – С. 3-5.
7. *Давыдова, С.Л.* Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: учебное пособие / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – Москва: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
8. *Зеленин, К.Н.* Что такое химическая экотоксикология / К.Н. Зеленин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – № 6(т. 6). – С. 32-35.
9. *Иваненко, Н.В.* Экологическая токсикология: учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. – 108 с.
10. *Исидоров, В.А.* Введение в химическую экотоксикологию: учебное пособие / В.А. Исидоров. – Санкт-Петербург: Химиздат, 1999. – 144 с.
11. *Кадермас, И.Г.* Экологическая токсикология: учебное пособие / И.Г.



Кадермас, А.В. Синдирева. – Омск: Омский ГАУ, 2022. – 80 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/202226>

12. Каплин, В.Г. Основы экотоксикологии / В.Г. Каплин. – Москва: КолосС, 2006. – 359 с.

13. Келина, Н.Ю. Токсикология в таблицах и схемах / Н.Ю. Келина, Н.В. Безручко. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 144 с.

14. Куценко, С.А. Основы токсикологии / С.А. Куценко. – Санкт-Петербург: ФОЛИАНТ, 2004. – 720 с. – ISBN 5-93929-092-2. – Текст: электронный // Лань: ЭБС. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143932>

15. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учебное и справочное пособие / В.Ф. Протасов. – Москва: Финансы и статистика, 2001. – 671 с.

16. Российский химический журнал (Проблемы экотоксикологии). <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2004-2/welcome.html>

17. Социальная экология. <http://ekologobr.ru/>

18. Тарасов, А.В. Основы токсикологии: учеб. пособие / А.В. Тарасов, Т.В. Смирнова. – Москва: Маршрут, 2006. – 160 с.

19. Шуйский, В.Ф. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений / В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова, Д.С. Петров // Сб. науч. докл. VII Междунар. конф. «Экология и развитие Северо-Запада России» – С.-Петербург, 2-7 авг. 2002 г. – Санкт-Петербург: Изд-во МАНЭБ, 2002.

20. Экологическое законодательство России. <http://ecobez.narod.ru/ecolaw.html>

20. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 7 с.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ  
в атмосферном воздухе городских и сельских поселений  
(СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования  
к обеспечению безопасности и (или) безвредности для  
человека факторов среды обитания»)

| №<br>п/п | Наименование<br>вещества | Величина ПДК           |                         | Лимитирую-<br>щий показа-<br>тель вредно-<br>сти | Класс<br>опасности |
|----------|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|--------------------|
|          |                          | макс.<br>разовая       | средне-<br>суточная     |                                                  |                    |
| 1        | Барий                    | 0,015                  | 0,004                   | рез.                                             | 2                  |
| 2        | Бериллий                 |                        | 0,00001                 | рез.                                             | 1                  |
| 3        | Кадмий                   |                        | 0,0003                  | рез.                                             | 1                  |
| 4        | Кобальт                  |                        | 0,0004                  | рез.                                             | 2                  |
| 5        | Медь                     |                        | 0,001                   | рез.                                             | 2                  |
| 6        | Мышьяк                   |                        | 0,0003                  | рез.                                             | 2                  |
| 7        | Ртуть                    |                        | 0,0003                  | рез.                                             | 1                  |
| 8        | Свинец                   | 0,001                  | 0,0003                  | рез.                                             | 1                  |
| 9        | Бенз(а)пирен             |                        | 0,1 мкг/м <sup>3</sup>  | рез.                                             | 1                  |
| 10       | Селен                    | 0,1 мкг/м <sup>3</sup> | 0,05 мкг/м <sup>3</sup> | рез.                                             | 1                  |
| 11       | Никель                   |                        | 0,001                   | рез.                                             | 2                  |
| 12       | Молибден                 |                        | 0,02                    | рез.                                             | 3                  |
| 13       | Сурьма                   |                        | 0,02                    | рез.                                             | 3                  |
| 14       | Вольфрам                 |                        | 0,15                    | рез.                                             | 3                  |
| 15       | Марганец                 | 0,01                   | 0,001                   | рез.                                             | 2                  |

1. Настоящие Нормативы действуют на всей территории РФ и устанавливают предельно допустимое содержание загрязняющих вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

2. Нормативы распространяются на атмосферный воздух городских и сельских поселений.

3. Нормативы используются при проектировании технологических процессов, оборудования и вентиляции, для санитарной охраны атмосферного воздуха, для профилактики неблагоприятного воздействия загрязняющих атмосферный воздух веществ на здоровье населения городских и сельских поселений.

4. Настоящие Нормативы установлены на основании комплексных токсиколого-гигиенических и эпидемиологических исследований с учетом международного опыта.

#### Основные термины и понятия

**Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест** – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности чело-

века, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

Нормативы установлены в виде максимальных разовых и среднесуточных ПДК с указанием класса опасности и лимитирующего показателя вредности, который положен в основу установления норматива конкретного вещества.

Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: *рефлекторное* и *резорбтивное*.

**Рефлекторное действие** – реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей: ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальных разовых ПДК (20-30 минут).

Под **резорбтивным действием** понимают возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и др. эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и от длительности ингаляции. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (как максимальная 24-х часовая и/или как средняя за длительный период – год и более).

Классы опасности веществ, для которых установлены только максимальные разовые ПДК, определены с учетом опасности развития рефлекторных (прежде всего ольфакторных) реакций. Классы опасности веществ, для которых одновременно установлены максимально разовая и среднесуточная ПДК, определены с учетом опасности развития тех эффектов, развитие которых при действии конкретного вещества наиболее опасно. Классы опасности веществ, лимитированных резорбтивным действием, определены с учетом опасности развития этих эффектов.

**ОБУВ** – ориентировочно безопасный уровень воздействия (норматив максимального допустимого содержания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе).

**Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов  
в продовольственном сырье и продуктах, мг/кг**

| Пищевые продукты                                        | Свинец | Кадмий | Мышьяк | Ртуть | Медь | Цинк |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|------|------|
| <i>Хлебобулочные и кондитерские изделия</i>             |        |        |        |       |      |      |
| Зерновые                                                | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,03  | 10   | 50   |
| Зернобобовые                                            | 0,5    | 0,1    | 0,3    | 0,02  | 10   | 50   |
| Крупы                                                   | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,03  | 10   | 50   |
| Мука, кондитерские изделия                              | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,02  | 10   | 50   |
| Хлеб                                                    | 0,3    | 0,05   | 0,1    | 0,01  | 5    | 25   |
| Бараночные и сухарные изделия                           | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,02  | 10   | 30   |
| Отруби пшеничные                                        | 1      | 0,1    | 0,2    | 0,03  | 20   | 130  |
| Соль поваренная                                         | 2      | 0,1    | 1      | 0,01  | 3    | 10   |
| Крахмал                                                 | 0,5    | 0,1    | 0,1    | 0,02  | 10   | 30   |
| Сахар-песок                                             | 1      | 0,05   | 0,5    | 0,01  | 1    | 3    |
| Пектин                                                  | 1      | 0,1    | 0,5    | 0,1   | 10   | 30   |
| Желатин                                                 | 2      | 0,03   | 1      | 0,05  | 15   | 100  |
| Орехи (ядро)                                            | 0,5    | 0,1    | 0,3    | 0,03  | 20   | 50   |
| Конфеты                                                 | 1      | 0,1    | 0,5    | 0,01  | 15   | 30   |
| Какао-порошок и шоколад                                 | 1      | 0,5    | 1      | 0,1   | 50   | 70   |
| Печенье                                                 | 0,5    | 0,1    | 0,3    | 0,02  | 10   | 30   |
| <i>Молочные изделия</i>                                 |        |        |        |       |      |      |
| Молоко, кисломолочные изделия                           | 0,05   | 0,03   | 0,05   | 0,05  | 1    | 5    |
| Молоко консервированное                                 | 0,3    | 0,1    | 0,15   | 0,015 | 3    | 15   |
| Молоко сухое                                            | 0,05   | 0,03   | 0,05   | 0,005 | 1    | 5    |
| Сыры, творог                                            | 0,3    | 0,2    | 0,2    | 0,03  | 4    | 50   |
| Масло сливочное, жиры животные                          | 0,1    | 0,03   | 0,1    | 0,03  | 0,5  | 5    |
| Казеин                                                  | 0,3    | 0,2    |        |       | 4    | 50   |
| <i>Растительные продукты</i>                            |        |        |        |       |      |      |
| Масло растительное                                      | 0,1    | 0,05   | 0,1    | 0,05  | 1    | 5    |
| Мargarин и кулинарные жиры                              | 0,1    | 0,05   | 0,1    | 0,05  | 5    | 10   |
| Овощи свежие                                            | 0,5    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Фрукты, ягоды                                           | 0,4    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 10   | 10   |
| Грибы                                                   | 0,5    | 0,1    | 0,5    | 0,05  |      | 20   |
| Чай                                                     | 10     | 1      | 1      | 0,1   | 100  | 10   |
| Консервы овощные в стеклянной таре                      | 0,5    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Консервы овощные в металлической таре                   | 1      | 0,05   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Консервы фруктовые, ягодные и соки в стеклянной таре    | 0,4    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Консервы фруктовые, ягодные и соки в металлической таре | 1      | 0,05   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Овощи сушеные                                           | 0,5    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |

|                                                                                  |     |      |     |      |    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-----|------|----|-----|
| Фрукты и ягоды сушеные                                                           | 0,4 | 0,03 | 0,2 | 0,02 | 5  | 10  |
| Специи и пряности                                                                | 5   | 0,2  | 5   |      |    |     |
| <i>Мясные продукты</i>                                                           |     |      |     |      |    |     |
| Мясо и птица (свежие и мороженые)                                                | 0,5 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Колбасы вареные                                                                  | 0,5 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Консервы из мяса и птицы в стеклянной, алюминиевой и цельнотянутой жестяной таре | 0,5 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Консервы из мяса и птицы в сборной жестяной таре                                 | 2   | 0,1  | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Почки и продукты их переработки                                                  | 1   | 1    | 1   | 0,2  | 20 | 100 |
| Яйца                                                                             | 0,3 | 0,01 | 0,1 | 0,02 | 3  | 50  |
| Яичный порошок                                                                   | 3   | 0,1  | 0,5 | 0,1  | 15 | 200 |
| <i>Рыбные продукты</i>                                                           |     |      |     |      |    |     |
| Рыба свежая и мороженная пресноводная:                                           |     |      |     |      |    |     |
| Хищная                                                                           | 1   | 0,2  | 1   | 0,6  | 10 | 40  |
| Нехищная                                                                         | 1   | 0,2  | 1   | 0,3  | 10 | 40  |
| Рыба свежая и мороженная морская                                                 | 1   | 0,2  | 5   | 0,4  | 10 | 40  |
| Рыба тунцовая свежая                                                             | 2   | 0,2  | 5   | 0,7  | 10 | 40  |
| Рыба консервированная в стеклянной таре:                                         |     |      |     |      |    |     |
| пресноводная                                                                     | 1   | 0,2  | 1   | 0,3  | 10 | 40  |
| Морская                                                                          | 1   | 0,2  | 5   | 0,4  | 10 | 40  |
| Тунцовая                                                                         | 2   | 0,2  | 5   | 0,7  | 10 | 40  |

Классы опасности вредных веществ по типу действия  
на низких уровнях воздействия

| Класс опасности | Вид действия                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I               | Вещества, оказывающие избирательное действие в отдаленный период: бластомогены, мутагены, атеросклеротические вещества, вызывающие склероз органов (пневмосклероз, нейросклероз и др.), гонадотропные, эмбриотропные вещества |
| II              | Вещества, вызывающие действие на нервную систему: судорожные и нервно-паралитические, наркотики, вызывающие поражение паренхиматозных органов, наркотики, оказывающие чисто наркотический эффект                              |
| III             | Вещества, оказывающие действие на кровь: вызывающие угнетение костного мозга, изменяющие гемоглобин, гемолитики                                                                                                               |
| IV              | Раздражающие и едкие вещества: раздражающие слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, кожу                                                                                                                         |

Общий характер источников загрязнения и их связь с различными видами антропогенной деятельности  
(по Д.С. Орлов и др., 2002)

| Вид деятельности                          | Общий тип загрязнения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Объекты загрязнения | Тип источника                                                                                                                       | Режим внесения загрязнения                                                            |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3                   | 4                                                                                                                                   | 5                                                                                     |
| Добыча полезных ископаемых                | Резко преобладает минеральный в виде стоков (шахтные и рудничные воды, стоки обогатительных процессов) и твердых отходов (шламы, породные отвалы)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Почва, вода         | Точечный                                                                                                                            | Постоянный                                                                            |
| Добыча жидких горючих полезных ископаемых | Преобладает органический в виде стоков (утечка нефти) и выбросов (утечка газообразных углеводородов), в меньшей степени минеральный в виде стоков минерализованных нефтяных вод                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Почва, вода, воздух | Точечный                                                                                                                            | Постоянный и спонтанный (катастрофические разливы)                                    |
| Производство энергии                      | Преобладает минеральный в виде выбросов (газообразные продукты сгорания и зола) и в меньшей степени – твердых отходов (золошлаковые хранилища), стоков (охлаждающие воды)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Воздух, вода, почва | Точечный                                                                                                                            | Постоянный                                                                            |
| Промышленное производство                 | Равноценно минеральный и органический, часто смешанный в виде твердых отходов (шлаки, осадки очистных сооружений, пыль, бракованная продукция, остатки сырья после использования полезных компонентов и т. д.), жидких отходов (отработанные растворы особо опасных токсичных веществ), выбросов (паропылегазовые централизованные выбросы горючих и токсичных производств, воздушно-пылевые неорганизованные выбросы местной вентиляции производственных помещений), стоков (промывные жидкости, отработанные растворы, условно-чистые воды после очистных сооружений) | Воздух, вода, почва | Точечный для каждого объекта; площадной для крупных промышленных зон с дальними выбросами и стоком в водоток регионального значения | Спонтанный или циклический для отдельных предприятий, постоянный для промышленных зон |

| 1                      | 2                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3                               | 4         | 5           |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-------------|
| Коммунальное хозяйство | Равноценно минеральный или органический в виде стоков (бытовая канализация, обычно принимающая значительную долю промышленных и ливневых вод) и твердых отходов (бытовой и строительный мусор), в меньшей степени – выбросов (открытое и промышленное сжигание мусора) | Воздух, вода, почва             | Точечный  | Постоянный  |
| Транспорт              | Преобладает минеральный в виде выброса (газообразные продукты сгорания с примесью аэрозольных частиц), в меньшей степени органический в виде стоков (промылочные воды с углеводородами)                                                                                | Воздух, в меньшей степени почва | Линейный  | Циклический |
| Земледелие             | Преобладает минеральный (удобрения), в меньшей степени органо-минеральный (ядохимикаты)                                                                                                                                                                                | Почва, растения                 | Площадной | Циклический |
| Животноводство         | Преобладает органический в виде стоков                                                                                                                                                                                                                                 | Вода, почва                     | Точечный  | Постоянный  |



Образец оформления титульного листа

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БИОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра Экологии**

**Контрольная работа по дисциплине  
«Экологическая токсикология»**

**НА ТЕМУ: «Свинец в среде обитания  
как фактор риска для здоровья населения»**

**Выполнил:** студент группы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

**Проверил:** доцент кафедры экологии, канд.  
биол. наук Тянь Е.А.

**НОВОСИБИРСК 20\_\_**

## ГЛОССАРИЙ

### А

**Абиогенный процесс** – процесс, происходящий без участия живых организмов.

**Агрохимикаты** – удобрения, химические мелиоранты, кормовые добавки, предназначенные для питания растений, регулирования плодородия почв и подкормки животных. Данное понятие не применяется в отношении торфа, используемого для других целей.

**Антропогенная нагрузка** – степень прямого или косвенного воздействия человека и его хозяйствования на окружающую природу или на отдельные ее экологические компоненты и элементы.

**Антропогенное воздействие на природу** – прямое осознанное или косвенное и неосознанное воздействие человека и результатов его деятельности, вызывающее изменение природной среды и естественных ландшафтов.

**Антропогенное загрязнение** – загрязнение биосферы в результате биологического существования и хозяйственной деятельности людей, в том числе их прямого или косвенного влияния на интенсивность природного загрязнения.

**Антропогенный фактор** – непосредственное воздействие человека на организмы или воздействие на организмы через изменение человеком их среды обитания. Различают четыре основных антропогенных фактора: изменение структуры земной поверхности; изменение состава биосферы, круговорота и баланса, входящего в нее вещества; изменение энергетического и теплового баланса отдельных участков и регионов; изменения, вносимые в биоту.

**Ассимиляционная емкость экосистемы** – показатель максимальной динамической вместимости количества токсикантов, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы объема экосистемы без нарушения ее нормальной деятельности.

## Б

**Биоиндикатор** – группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде, в том числе о присутствии и количествах загрязнений.

**Биоиндикация** – оценка качества природной среды по состоянию её биоты.

**Биоконцентрирование** – обогащение организма химическим соединением в результате прямого восприятия из окружающей среды, без учета загрязнения ими продуктов питания.

**Биологические системы** – совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих живых элементов различной сложности от клеток до экосистем. Обладают свойствами целостности, относительной устойчивости и адаптируемостью к условиям внешней среды.

**Биологическое загрязнение** – привнесение в экосистему чуждых ей видов организмов. Обычно биологическое загрязнение возникает в результате деятельности человека.

**Биологическое усиление (биомагнификация)** – концентрирование или накопление (как правило, 10-20-кратное) ряда химических веществ (например, пестицидов, радионуклидов) в трофических цепях.

**Биомониторинг** – система наблюдений, оценки и прогноза любых изменений в биоте, вызванных антропогенными факторами.

**Бионакопление (биоаккумуляция)** – суммарный эффект биоконцентрирования и биомагнификации.

**Биосфера** – область существования живых организмов, охватывающая нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу, поверхность суши и верхнюю часть литосферы. Термин «биосфера» охватывает не только среду обитания живых организмов, но и сами эти организмы. Биосфера – активная оболочка Земли, в которой совокупная деятельность живых организмов проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба. Она является самой

крупной экосистемой Земли.

**Биота** – исторически сложившаяся совокупность всех живых организмов, обитающих на какой-либо крупной территории. Биота Земли включает все живые организмы, населяющие планету (их численность оценивается величиной  $10^{27}$  особей). Общая биомасса биоты («живое вещество») в сухой массе оценивается величиной  $1,8-2,5 \cdot 10^{12}$  т.

**Биотестирование** – прием исследования, в котором в качестве среды о действующих в сочетании или самостоятельно факторах судят по выживаемости, состоянию и поведению специально помещенных в среду организмов (тест-объектов).

**Биотестирование** (биологическое тестирование) – оценка качества объектов окружающей среды (чаще всего воды, почвы, кормов, различного рода продукции) по ответным реакциям живых организмов, являющихся тест-объектами.

**Биотоп** – относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое одним биоценозом.

**Буферная емкость экосистемы** – количество загрязнений, которое экосистема может переработать без заметных последствий для ее состояния.

**Буферная емкость экосистемы** – способность экосистемы противостоять загрязнению.

## В

**Всемирная организация здравоохранения** – основанное в 1946 г. учреждение ООН, деятельность которого направлена на борьбу с особо опасными болезнями и разработку международных санитарных правил. Всемирная организация здравоохранения координирует осуществление программ, нацеленных на решение проблем охраны здоровья и максимальное укрепление здоровья всего населения Земли.

**Вредное вещество** – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в со-

стоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

**Вторичное загрязнение** – загрязнение среды, которое возникает в результате биохимических реакций между первичными загрязняющими веществами и природными компонентами и вследствие превращений загрязняющих веществ.

## Г

**Гигиена труда** – раздел медицинской науки, изучающий воздействие трудового процесса и социальной среды на организм работников. Предметом исследования гигиены труда являются санитарно–гигиенические условия труда. Основной задачей гигиены труда является предупреждение воздействия неблагоприятных факторов на здоровье и трудоспособность работников.

**Гигиенический критерий качества воды** – критерий качества воды, учитывающий токсикологическую, эпидемиологическую и радиоактивную безопасность воды и наличие благоприятных свойств для здоровья, живущего и последующих поколений людей.

**Гигиенический норматив** – установленное исследованиями допустимое максимальное или минимальное количественное и/или качественное значение показателя, характеризующего тот или иной фактор среды обитания с позиций его безопасности и/или безвредности для человека (закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»).

**Гигиенический норматив качества атмосферного воздуха** – в РФ – критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека.

**Гигиеническое нормирование** – обоснование и установка безопасных для человека уровней содержания вредных веществ в природных средах:

воздухе, воде, почве.

**Глобальная экология** – комплексная научная дисциплина, изучающая биосферу в целом. Основная ее задача состоит в разработке прогнозов возможных изменений биосферы под влиянием деятельности человека.

**Глобальное загрязнение** – фоновое биосферное загрязнение; загрязнение окружающей природной среды или ее составляющих, обнаруживаемое вдали от источников загрязнения практически в любой точке планеты.

**Глобальные проблемы человечества** – проблемы и ситуации, которые охватывают многие страны, атмосферу Земли, Мировой океан и околоземное космическое пространство и затрагивают все население Земли.

Глобальные проблемы человечества не могут быть решены силами одной страны, необходимы совместно выработанные положения об охране окружающей среды, согласованная экономическая политика, помощь отстающим странам и т.п.

**Гомеостазис** – состояние подвижного динамического равновесия (или постоянного и устойчивого равновесия) природной системы или организма, поддерживаемое сложными приспособительными реакциями, регулярным возобновлением основных структур, а также постоянной саморегуляцией во всех звеньях.

**Государственная регистрация пестицидов и агрохимикатов** – регистрация пестицидов и агрохимикатов, на основании которой федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий организацию регистрационных испытаний и государственную регистрацию пестицидов и агрохимикатов, дает разрешения на производство, применение, реализацию, транспортировку, хранение, уничтожение, рекламу, ввоз в РФ и вывоз из РФ пестицидов и агрохимикатов.

**Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг)** – мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти РФ и органами государственной власти субъектов РФ в соответствии с их компетенцией (абзац до-

полнен с 1 января 2006 г. ФЗ от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ).

## Д

**Действующее вещество пестицида** – биологически активная часть пестицида, использование которой в виде различных препаративных форм приводит к воздействию на тот или иной вид вредного организма или на рост и развитие растений.

**Демографическая проблема** – глобальная проблема человечества, связанная с продолжающимся значительным приростом населения Земли, опережающим рост экономического благосостояния, в результате чего обостряются продовольственная и другие проблемы, угрожающие жизни населения в этих странах.

**Допустимая суточная доза (ДСД)** – суточная доза какого-либо химического вещества, которая не дает ощутимо вредных явлений по всем возможным критериям за все время жизни животного или человека. Она выражается в миллиграммах химического вещества на 1 кг массы тела.

**Допустимое суточное потребление** – количество вещества, которое можно применять в пищу, ежедневно в течение всей жизни без риска для здоровья.

## Е

**Естественное загрязнение** – загрязнение среды, источником которого являются природные процессы и явления, напрямую не обусловленные деятельностью человека: извержения вулканов, пыльные бури, наводнения, стихийные пожары и т.п.

## З

**Загрязнение** – привнесение в природную среду или возникновение новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических веществ и агентов, оказывающих вредное воздействие на человека, флору и фауну и на материалы.

**Загрязнение атмосферы** – привнесение в воздух или образование в нем физических агентов, химических веществ или организмов, неблагоприятно

ятно воздействующих на среду жизни и наносящих урон материальным ценностям.

**Загрязнение воды** – привнесение в воду или образование в ней физических, химических или биологических агентов, неблагоприятно воздействующих на среду жизни или наносящих урон материальным ценностям.

**Загрязнение окружающей среды** – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

**Загрязнение почвы** – накопление на участках Земли промышленных и хозяйственно–бытовых отходов и отходов, приводящее к потере плодородия почвы.

**Загрязнитель** – природный и антропогенный физический агент, химическое вещество и биологический вид, попадающий в среду жизни или возникающий в ней в количествах, выходящих за рамки обычного своего наличия – предельных естественных колебаний или среднего фона в рассматриваемый период.

**Загрязняющее вещество** – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

**Защита природной среды от загрязнения** – система мероприятий, направленных на устранение отрицательного влияния человека на природную среду.

**Зона острого действия** – отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменений биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

**Зона хронического действия** – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиоло-



гических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч 5 раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

## И

**Индикация загрязнения** – качественный анализ отдельных компонентов природной среды (почв, вод, атмосферы) на предмет установления источника загрязнения, площади/объема распространения и качественного состава загрязнителей.

## К

**Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль)** – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

**Коэффициент возможности ингаляционного отравления** – отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

**Ксенобиотики** – чужеродные для организмов химические вещества, естественно не входящие в биотический круговорот и прямо или косвенно порожденные хозяйственной деятельностью человека. Попадая в среду жизни, ксенобиотики могут: вызвать аллергические реакции или гибель организмов; изменить наследственность; снизить иммунитет; исказить обмен веществ; нарушить естественный ход природных процессов в экосистемах, вплоть до уровня биосферы в целом.

**Ксенобиотический профиль среды (биогеоценоза)** – совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы

## Л

**Лимитирующий признак вредности** – признак вредности загрязняющих воздух, воду и почву веществ, определяющий преимущественный характер неблагоприятного воздействия и характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в среде.

**Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов** – ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды.

## М

**Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг)** – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

## Н

**Нормативы в области охраны окружающей среды** – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

**Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду** – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

**Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду** – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных тер-

риторий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

***Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов*** – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

***Нормативы допустимых физических воздействий*** – нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

***Нормативы качества окружающей среды*** – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

***Нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов*** – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

***Нормирование санитарно-гигиеническое*** – система оценки и контроля допустимых уровней воздействия загрязняющих веществ на человека с целью непосредственной его защиты от вредного влияния этих веществ. Обеспечивается нормативами санитарно-гигиенических ПДК загрязняющих ве-

ществ с учетом возможного синергизма их действия.

## О

**Окружающая (человека) среда (среда обитания)** – часть природной среды, от которой непосредственно зависят условия существования человека и на которую он воздействует прямо или опосредованно.

**Организм-индикатор** – организм с узкими пределами экологической приспособленности (стенобионт), своим поведением, изменением физиологических реакций или самой возможностью существования указывающий на изменения в среде или на ее определенные естественные или антропогенные характеристики.

**Организм-индикатор загрязнения** – вид, подавленное состояние, исчезновение или усиленное размножение которого сигнализирует о загрязненности среды, а в ряде случаев свидетельствует о степени загрязнения и составе загрязнителей, их кумулятивном действии.

**Ориентировочно безопасный уровень воздействия, загрязняющего атмосферу вещества (ОБУВ)** – временный гигиенический норматив для загрязняющего атмосферу вещества, устанавливаемый расчетным методом для целей проектирования промышленных объектов (ГОСТ Р 59059-2020).

**Оценка воздействия на окружающую среду** – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

## П

**Пестициды** – химические или биологические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, бытовыми вредителями и внешними паразитами животных, а также для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев (дефолианты), предуборочного подсушивания растений (десиканты).

**Поллютант** – загрязняющее вещество.

**Природное загрязнение** – загрязнение, возникающее в результате естественных причин. Обычно природные загрязнения вызываются извержениями вулкана, селевыми потоками и другими катастрофическими причинами. Иногда природные загрязнения происходят в результате отдаленных косвенных воздействий людей на природу.

## Р

**Регламент применения пестицидов и агрохимикатов** – обязательные требования к условиям и порядку применения пестицидов и агрохимикатов.

## С

**Санитария** – применение на практике мероприятий, разработанных гигиеной и направленных на улучшение здоровья населения, оздоровление окружающей среды и продление жизни человека. В РФ санитарный контроль осуществляют санитарно-эпидемиологические станции.

**Санитарные правила** – в РФ – нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и/или безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

**Сельскохозяйственное загрязнение природной среды** – загрязнение биосферы в результате сельскохозяйственной деятельности человека: загрязнение почвы, воздуха, воды, леса пестицидами, удобрениями, отходами животноводства и т.п.

**Социально-гигиенический мониторинг** – в РФ – государственная система наблюдений за состоянием здоровья населения и среды обитания, их анализа, оценки и прогноза, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания.

**Средняя смертельная доза при введении в желудок** – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок.

**Средняя смертельная концентрация в воздухе** – концентрация веще-

ства, вызывающая гибель 50% животных при 2-4-часовом ингаляционном воздействии.

**Средняя смертельная доза при нанесении на кожу** – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу.

**Стенобионты** – организмы, способные существовать лишь в строго определенных условиях окружающей среды и не переносящие их изменений.

**Суццессия** – последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих в пределах одного биотопа под влиянием процессов внутреннего развития сообществ, их взаимодействия со средой.

## Т

**Тест экспозиции (биологическая ПДК)** – уровень вредного вещества (или продуктов его превращения) в организме работающего (кровь, моча, выдыхаемый воздух и др.) или уровень биологического ответа (содержание метгемоглобина, активность холинэстеразы и др.) наиболее поражаемой системы организма, при котором непосредственно в процессе воздействия или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений не возникает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, определяемых современными методами исследования.

**Технологический норматив** – норматив допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов, который устанавливается для стационарных, передвижных и иных источников, технологических процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции.

**Токсикодинамика** – раздел токсикологии, в рамках которого изучается и рассматривается механизм токсического действия, закономерности развития и проявления различных форм токсического процесса.

**Токсикокинетика** – раздел токсикологии, в рамках которого изучаются закономерности резорбции ксенобиотиков в организме, их распределение, биотрансформация и элиминация.

**Токсичность** – свойство химических соединений оказывать вредное или летальное действие на организмы. Токсичность характеризуется токсической дозой.

**Трансформация веществ** – превращение химических соединений в экосистемах. **Абиотическая трансформация** – превращение химических соединений (деградация) под действием факторов окружающей среды (фотолиз, гидролиз, окисление), происходит с малой скоростью. **Биотическая трансформация** – деградация ксенобиотиков при участии биоты, особенно микроорганизмов, использующих при их трансформации собственные ферменты, скорость таких превращений намного больше (окисление, гидролиз, дегалогенирование, расщепление циклических структур молекулы, отщепление алкильных радикалов (деалкилирование) и т.д.).

## Ф

**Фоновое содержание (загрязнение)** – содержание химических веществ в почвах территорий, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени (МУ 2.1.7.730-99).

## Ч

**Чрезвычайная ситуация (ЧС)** – обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные) (ГОСТ Р 22.0.02-2016).

**Чувствительность биоиндикатора** – степень реакции биоиндикатора на оказываемое на него воздействие со стороны какого-то вещества, физического или биологического фактора либо со стороны окружающей его среды в целом.

## Э

**Эвритоп** – организм, способный существовать в самых разнообразных условиях среды.

**Экологическая безопасность** – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

**Экологическая устойчивость** – способность экосистем сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов.

**Экологическая экспертиза** – установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы (закон «Об экологической экспертизе»).

**Экологически чистый продукт** – продукт, который, по заверениям его производителей, не нанесет ущерба окружающей среде.

**Экологический норматив** – величина антропогенной нагрузки, рассчитанная на основании экологических регламентов и получившая правовой статус.

**Экологический организм–индикатор** – стенобионт, приспособленный к жизни в определенной экосистеме и погибающий в других условиях, что дает возможность отличать одно комплексное природное образование от другого.

**Экологический риск** – вероятность и масштаб неблагоприятных для экологических ресурсов последствий любых антропогенных изменений природных объектов.

**Экологический риск** – вероятность наступления события, имеющего



неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

**Экологическое нормирование** – нормирование антропогенного воздействия на экосистему в пределах ее экологической емкости, не приводящего к нарушению механизмов саморегуляции. Основными критериями экологического нормирования являются: сохранение биотического баланса, стабильности и разнообразия экосистемы.

**Экосистема** – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые или косные компоненты связаны обменом веществ, энергии и информации.

**Экотоксикант** – устойчивое (персистентное) в условиях окружающей среды токсичное вещество, способное накапливаться в тканях живых организмов (в исходном или измененном в результате метаболизма виде) и передаваться от низших звеньев пищевой цепи к высшим. К типичным экотоксикантам относятся хлорорганические пестициды, полихлорированные бифенилы, дибензо-*p*-диоксины, диметилртуть.

**Экологическая токсикология** – междисциплинарное научное направление, связанное с токсическими эффектами химических веществ на живые организмы и биоценозы, входящие в состав экосистем. Она изучает источники поступления вредных веществ в окружающую среду, их распространение и превращения в окружающей среде, действие на живые организмы. Человек, несомненно, является наивысшей ступенью в ряду биологических мишеней (конференция СКОПЕ, 1978 г.).

**Экотоп** – место обитания сообщества живых организмов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|            |                                                                                                                                                                              |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|            | <b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>                                                                                                                                                        | <b>3</b>  |
| <b>I.</b>  | <b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ .....</b>                                                                                                                                      | <b>5</b>  |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 1.</b> Загрязнение окружающей среды. Типы загрязнений                                                                                                             | <b>7</b>  |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 2.</b> Принципы оценки токсичности вещества. Ксенобиотический профиль среды. Экотоксикокинетика. Экотоксикодинамика. Экотоксикометрия .....                       | <b>9</b>  |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 3.</b> Источники появления потенциально токсичных веществ в окружающей среде .....                                                                                | <b>13</b> |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 4.</b> Превращения токсичных веществ. Поступление токсичных веществ в организмы. Влияние факторов среды и свойств организма на степень токсического эффекта ..... | <b>15</b> |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 5.</b> Адаптация организмов и популяций к воздействию чужеродных химических веществ .....                                                                         | <b>27</b> |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 6.</b> Токсикологическое нормирование. Процедура нормирования в разных странах .....                                                                              | <b>29</b> |
|            | <b>ЗАНЯТИЕ 7.</b> Биологические методы контроля. Биоиндикация и биотестирование .....                                                                                        | <b>37</b> |
| <b>II</b>  | <b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....</b>                                                                                                                                          | <b>44</b> |
|            | Содержание разделов дисциплины .....                                                                                                                                         | <b>44</b> |
|            | Вопросы для текущего контроля .....                                                                                                                                          | <b>47</b> |
| <b>III</b> | <b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА .....</b>                                                                                                                                              | <b>49</b> |
|            | Общие положения .....                                                                                                                                                        | <b>49</b> |
|            | Темы контрольных работ .....                                                                                                                                                 | <b>52</b> |
|            | Оформление контрольной работы .....                                                                                                                                          | <b>55</b> |
|            | Примеры оформления различных литературных источников.                                                                                                                        | <b>53</b> |
|            | Порядок предоставления и аттестация работы .....                                                                                                                             | <b>55</b> |
| <b>IV</b>  | <b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....</b>                                                                                                                                        | <b>56</b> |
|            | <b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>                                                                                                                                                      | <b>58</b> |
|            | <b>ГЛОССАРИЙ .....</b>                                                                                                                                                       | <b>66</b> |

**Тян Елена Александровна**  
**Котомина Гульнара Ахметовна**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ**

Методические указания для практических занятий и выполнению  
самостоятельной и контрольной работы

Печатается в авторской редакции  
Оператор электронной верстки Е.А. Тян

Подписано в печать \_\_\_\_\_ г.  
Формат 60×84 1/16. Объем \_\_\_\_ уч.-изд. л., 5,2 усл. печ. л.  
Тираж \_\_\_\_ экз. Изд. № \_\_\_\_ . Заказ № \_\_\_\_ .

---

Отпечатано в Издательском центре «Золотой колос»  
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, офис 106  
Тел. факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru