

А. Н. Батян, Г. Т. Фрумин, В. Н. Базылев

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

Учебное пособие

*Допущено Учебно-методическим Объединением
по классическому университетскому образованию РФ
в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по специальности
«020801 – Экология» и направлению
«020800 – Экология и природопользование»*

Санкт-Петербург
СпецЛит
2009

Авторы:

Батян Анатолий Николаевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры радиобиологии и экологической медицины Международного государственного экологического университета им. Андрея Дмитриевича Сахарова (г. Минск, Республика Беларусь). Автор 5 изобретений и более 100 научных работ, в том числе трех монографий, 10 учебно-методических пособий.

Фрумин Григорий Тевелевич — доктор химических наук, профессор кафедры прикладной экологии Российского государственного гидрометеорологического университета. Автор и соавтор 28 изобретений и более 200 научных работ. Автор двух учебных пособий («Экологическая химия и экологическая токсикология», «Геоэкология: реальность, наукообразные мифы, ошибки, заблуждения») и соавтор одного учебного пособия («Экологическое нормирование и устойчивость природных систем»).

Базылев Владимир Николаевич — научный сотрудник лаборатории токсикологии Государственного учреждения «Научно-производственный центр „Институт фармакологии и биохимии Национальной Академии Наук Беларуси”», г. Минск. Автор 17 научных работ, в том числе 5 учебно-методических пособий.

Рецензенты:

В. Д. Тонкопий — доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией гидрохимии и экотоксикологии (Институт озераведения РАН), лауреат Государственной премии СССР.

И. А. Гордей — доктор биологических наук, профессор (Институт генетики и цитологии НАН Беларуси), заведующий лабораторией хромосомной инженерии.

Батян А. Н., Фрумин Г. Т., Базылев В. Н.

Б28 Основы общей и экологической токсикологии : учебное пособие / А. Н. Батян, Г. Т. Фрумин, В. Н. Базылев. — СПб. : СпецЛит, 2009. — 352 с.
ISBN 978-5-299-00410-6

В учебном пособии представлены основные понятия токсикологии и экологической токсикологии. Обсуждаются приоритетные загрязняющие вещества и их экотоксикологические характеристики. Описаны методы экологического нормирования и принципы санитарно-гигиенической регламентации вредных веществ в объектах окружающей среды (атмосферном воздухе, воде и почве). Особое внимание уделено токсикомании (табакокурению, наркомании, алкоголизму). Материал может рассматриваться как основа для углубления и совершенствования токсикологического и эколого-токсикологического образования на уровне высшей школы.

Пособие предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей экологических и медико-экологических факультетов высших учебных заведений, а также для научных работников и практиков, работающих в области охраны окружающей природной среды.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Условные сокращения</i>	5
<i>Предисловие</i>	7
<i>Введение</i>	8
Глава 1. Приоритетные экотоксиканты	12
1.1. Тяжелые металлы	13
1.2. Полициклические ароматические углеводороды	25
1.3. Хлорорганические пестициды	27
1.4. Полихлорированные бифенилы	29
1.5. Диоксин и диоксиноподобные соединения	31
1.6. Фенолы	35
1.7. Синтетические поверхностно-активные вещества	36
1.8. Нефть и нефтепродукты	38
1.9. Нитраты и нитриты	40
Глава 2. Основные источники и виды антропогенного загрязнения биосферы	44
2.1. Понятие о биосфере	44
2.2. Основные источники и виды антропогенного загрязнения атмосферного воздуха	48
2.3. Основные источники и виды антропогенного загрязнения почв	58
<i>Кислотные загрязнения и их химические последствия для почвы</i>	59
<i>Загрязнение почв тяжелыми металлами</i>	60
<i>Загрязнение почв пестицидами</i>	61
<i>Загрязнение почв твердыми бытовыми отходами</i>	67
2.4. Основные источники и виды антропогенного загрязнения гидросферы	69
<i>Антропогенное эвтрофирование водоемов</i>	71
<i>Закисление (ацидификация) водоемов</i>	76
<i>Химическое загрязнение водных объектов</i>	82
Глава 3. Понятие о промышленных (производственных) ядах и отравлениях	89
Глава 4. Критерии эколого-токсикологической оценки загрязняющих веществ	94
4.1. Поступление химических веществ в окружающую среду	94
4.2. Подвижность в окружающей среде (миграция)	95
4.3. Стойкость в объектах внешней среды	99
4.4. Способность к накоплению в биологических объектах	100
<i>Водные организмы</i>	100
<i>Наземные организмы</i>	104
4.5. Метаболизм органических экотоксикантов	106
4.6. Биотрансформация неорганических экотоксикантов	111

Глава 5.	Токсикометрия химических веществ	113
5.1.	Пробит-анализ	119
5.2.	Экспрессные методы определения средних летальных доз (концентраций)	122
5.3.	Хронические интоксикации при интермиттирующих воздействиях вредных веществ	124
5.4.	Общие закономерности поступления, накопления, транспорта, распределения и выведения токсических веществ из организма. Биологические особенности организма и токсический эффект	126
5.5.	Отдаленные эффекты воздействия химических соединений на организм человека и основные методы их изучения .	156
Глава 6.	Комбинированное действие ксенобиотиков	178
6.1.	Формы воздействия токсичных веществ	178
6.2.	Адаптационные характеристики водных экосистем	180
6.3.	Общие представления о развитии токсического эффекта при комбинированном и сочетанном действии веществ . . .	185
Глава 7.	Методология установления предельно допустимых концентраций вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов . . .	217
7.1.	Предельно допустимая концентрация, предельно допустимые сбросы, биотестирование	217
7.2.	Основные недостатки системы рыбохозяйственных ПДК . .	225
Глава 8.	Установление гигиенических регламентов в различных средах	232
8.1.	Основные принципы регламентирования атмосферных загрязнений. Методы и критерии установления ПДК и оценка качества воздушной среды	232
8.2.	Основные принципы регламентирования химических соединений в воде. Методы и способы обоснования ПДК вредных веществ в водной среде	253
8.3.	Основные принципы регламентирования химических соединений в почве. Критерии и методы обоснования ПДК вредных веществ в почве	286
Глава 9.	Токсичность и риск ксенобиотиков для человека	312
9.1.	Количественные соотношения между токсичностью химических веществ для человека и их содержанием в нормальном организме	319
9.2.	Количественная оценка риска здоровью населения при воздействии ксенобиотиков, загрязняющих окружающую среду	321
	<i>Расчет риска здоровью в зависимости от качества атмосферного воздуха</i>	322
	<i>Расчет риска здоровью в зависимости от качества питьевой воды</i>	325
9.3.	Классификация источников риска смерти	327
Глава 10.	Токсикометрия: сущность и основные проявления	332
	<i>Вопросы для самопроверки</i>	344
	<i>Литература</i>	348

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АДФ	— аденозиндифосфат
АКТГ	— адренокортикотропный гормон
АМФ	— аденозинмонофосфат
АТФ	— аденозинтрифосфат
АЭС	— атомная электростанция
БП	— бенз(а)пирен
БОВ	— боевые отравляющие вещества
БОК	— безопасное остаточное количество
БПК	— биохимическое потребление кислорода
ВМС	— высокомолекулярные соединения
ВНД	— высшая нервная деятельность
ВОЗ	— Всемирная организация здравоохранения
ГРЭС	— гидроэлектростанция
ГХЦГ	— гексахлорциклогексан (гексахлоран), инсектицид
2,4-Д	— дихлорфеноксиуксусная кислота (корнокс-Д, дипау), гербицид
ДДТ	— 4,4'-дихлордифенилтрихлорметилметан
ДДЕ	— 4,4'-дихлордифенилхлорметилметан
ДДД	— 4,4'-дихлордифенилдихлорметилметан
ДДВФ	— о,о-диметил-2,2-дихлорвинилфосфат (дихлорфос, нуван, вапона, фосвит, морин), инсектоакарицид
ДМНА	— диметилнитрозоамин
ДНК	— дезоксирибонуклеиновая кислота
ДНОК	— динитроортокрезол (4,6-динитро-о-крезол), гербицид
ДОК	— допустимое остаточное количество
ДХМ	— дихлоральмочевина, гербицид
ЖКТ	— желудочно-кишечный тракт
ЗВ	— загрязняющие вещества
ИАО	— интегральный адаптивный отклик
ИТС	— индекс токсичности смеси
ИФК	— изопропил-н-фенилкарбамат (профам), гербицид
КБА	— коэффициент биоаккумуляции
КНС	— кислото-нейтрализующая способность
ЛАО	— локальный адаптивный отклик
ЛОС	— летучие органические соединения
ЛПВ	— лимитирующий признак вредности
МНД	— максимально недействующая доза
МНК	— максимально недействующая концентрация
МПЭ	— модельный почвенный эталон
МЧС	— Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
МЭОС	— микросомальная этанолокисляющая система
НАДФ	— никотинамидадениндинуклеотидфосфат

ОБУВ	– ориентировочные безопасные уровни воздействия
ОПК	– ориентировочная пороговая концентрация
ОСФ	– оксидазы со смешанными функциями
ОЛТ	– относительная летальная токсичность
ПАВ	– поверхностно-активные вещества
ПАН	– пероксиацетилнитрат
ПАУ	– полициклические ароматические углеводороды
ПДВ	– предельно допустимые выбросы
ПДОК	– предельно допустимые остаточные количества
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПДС	– предельно допустимые сбросы
ПК	– пороговая концентрация
ПДУВ	– предельно допустимый уровень внесения
ПХБ	– полихлорированные бифенилы
ПХДД	– полихлорированные дибензо- <i>n</i> -диоксины
ПХДФ	– полихлорированные дибензофураны
ПХК	– полихлоркамфен (токсафен, килфен), десикант
ПХП	– полихлорпинен (стробан), десикант
РНК	– рибонуклеиновая кислота
РОВ	– растворенное органическое вещество
СМД	– сверхмалые дозы
СМК	– сверхмалые концентрации
СНГ	– Содружество Независимых Государств
СОД	– супероксиддисмутаза
СОЭ	– скорость оседания эритроцитов
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества
ТБО	– твердые бытовые отходы
ТМ	– тяжелые металлы
ТМТД	– тетраметилтиурамдисульфид (тирам), фунгицид
ТХФ	– трихлорфенол
ТХА Na	– трихлорацетат натрия, гербицид
ТЭС	– тепловая электрическая станция
ТЭЦ	– тепловая электрическая станция
УФО	– ультрафиолетовое облучение
ФАО	– Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
ФАР	– фотосинтетическая активная радиация
ФОС	– фосфорорганические соединения
ХОП	– хлорорганические пестициды
ХОС	– хлорорганические соединения
ЦНС	– центральная нервная система
ЧС	– чрезвычайная ситуация
ЮНЕП	– программа ООН по окружающей среде
BAF	– фактор биомагнификации
BCF	– фактор биоконцентрирования
BMF	– фактор биомагнификации
2,3,7,8-TXDD	– 2,3,7,8-тетрахлоридибензопараоксин

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная эволюция человеческой цивилизации в своей основе обязана развитию искусственной среды или инфраструктуры человеческого общества. В связи с быстрым изменением материального состава окружающей среды, начавшимся в 50-х гг. XX столетия, выявилась необходимость в более глубоком изучении химических веществ, выпускаемых промышленностью, так как стала очевидной связь изменений окружающей среды с антропогенным и техногенным воздействиями, аварийными ситуациями, а также постоянным влиянием химических веществ на человека, животных и на растения. Это привело к необходимости найти новые подходы и сформулировать новые точки зрения на химические процессы, в связи с чем были введены понятия экологической химии и экологической токсикологии как направления исследований на стыке различных научных дисциплин.

Экологическая токсикология (экоотоксикология) – учение о биологических эффектах химических загрязняющих веществ, их влиянии на экосистемы и последствиях, ими вызываемых. Уже сами эти определения обуславливают актуальность и значимость знаний в данных областях как для экологического образования, так и для понимания проблем охраны окружающей среды.

Важнейшая цель предлагаемого учебного пособия – способствовать формированию у студентов концепции экологической оценки антропогенного воздействия химических веществ на биосферу и ее составные элементы (атмосферу, почву, воду).

Книга может быть использована на разных уровнях обучения. Вместе с тем актуальность проблемы и уровень изложения позволяют рекомендовать ее для широкого круга читателей и прежде всего для тех, кто занимается природоохранной деятельностью.

Авторы отдают себе отчет в том, что учебное пособие не лишено недостатков, обусловленных разнородностью содержащегося в нем материала, и заранее признательны за любые критические замечания и пожелания, которые позволят улучшить в будущем его содержание.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия мониторинга токсического загрязнения окружающей среды в индустриально развитых странах основана на современных научных достижениях, из которых следует особо выделить два главных направления: экотоксикологический подход к анализу антропогенного воздействия на окружающую среду и использование концепции риска (анализа, оценки и управления риском).

Экотоксикология и оценка риска представляют собой сравнительно новые отрасли научного знания, тем не менее именно эти научные направления стоят в авангарде мировых тенденций развития методологии контроля качества природной среды и оценки экологической опасности.

Отправной точкой в выделении экотоксикологии как самостоятельной области знаний об окружающей среде явилась публикация «Принципы экотоксикологии», подготовленная в 1978 г. Международным научным комитетом по проблемам окружающей среды (SCOPE) и основанная на более ранних исследованиях, в частности по загрязнению окружающей среды радионуклидами. В этой публикации экотоксикология была определена как наука, изучающая воздействие поллютантов на окружающую среду и биоту. При этом человек рассматривался как наиболее важная часть биоты, а эффекты поллютантов на здоровье человека — как центральное звено в экотоксикологии (Никаноров А. М., Хоружая Т. А., 1999).

К настоящему времени выделены две главные причины тесной связи между деятельностью человека и экотоксикологией:

- человек изменяет окружающую среду, продуцирует и «выделяет» в нее все новые и новые поллютанты;
- все изменения в окружающей среде или биоте могут действовать (прямо или косвенно) на физическое, экономическое или эстетическое благополучие человека.

Термин «экотоксикология» введен в 1969 г. в Международном научном комитете по проблемам окружающей среды. В этом же комитете в 1978 г. было предложено считать термин официальным. Первое упоминание об экотоксикологии в научных публикациях появилось в конце 1960-х гг. Данное направление было предложено рассматривать как естественное ответвление токсикологии

(науки об изучении воздействия ядов на индивидуальные организмы) в направлении экологических эффектов поллютантов. Таким образом, токсикология рассматривает эффекты воздействия ксенобиотиков на отдельные организмы, а экотоксикология — их действие на экосистемы. Ксенобиотик может оказывать смертельное воздействие на индивидуальные организмы, но не иметь экологического значения. Нередко наблюдается обратная картина: малотоксичный поллютант является экотоксикантом.

Согласно современным представлениям, экотоксикология — это международное научное направление, связанное с изучением токсических эффектов химических веществ на живые организмы, преимущественно на популяции организмов и биоценозы, входящие в состав экосистем. Экотоксикология изучает источники поступления вредных веществ в окружающую среду, их распространение в окружающей среде, действие на живые организмы. Она оперирует как категориями общей экологии (экосистема, биоценоз, биотоп, биосфера и т. д.), общей токсикологии (яд, токсичность, опасность, токсический эффект и др.), так и собственными терминами (токсикант, экотоксикант, поллютант, суперэкотоксикант и др.) (Головко А. И. [и др.], 1999).

В самом термине «экотоксикология» ярко проявляется связь токсикологии с исследованием экосистем, причем не имеет значения, какие экосистемы рассматриваются — природные или культурные (созданные человеком).

Под вредным воздействием, наносимым соответствующей системе, в экотоксикологии понимают явные изменения обычных колебаний численности популяции; долгосрочные или необратимые изменения состояния экосистемы (Корте Ф., 1997 [и др.]).

К важнейшим задачам экотоксикологии относятся выявление степени вредности ее воздействия (в качественном и количественном отношении) и разработка лечебных мероприятий. Другой важной задачей экотоксикологии является выявление изменений видового состава и функций экосистемы. Такое же важное значение, как структурно-видовые изменения, имеют функциональные нарушения в экосистеме. В этом случае речь идет в принципе о контрольных количественных параметрах роста организмов и обмена веществ.

Если под экотоксикологией понимать одно из направлений исследования экосистем, то ее важнейшими частями должны быть проблемы сохранения — при работе с ненарушенными экосистемами и восстановления — для уже пострадавших систем. Обе эти цели могут быть достигнуты лишь на пути функционального моделирования. Однако, в связи с тем что нет никакой универсальной

модели, разработка таких моделей, а также создание лабораторных и математических моделей или подобные исследования в естественных условиях проводят, исходя из поставленной цели для решения какой-либо конкретной проблемы (Корте Ф., 1997 [и др.]).

Согласно А. М. Никанорову, Т. А. Хоружая (1999), термин «экотоксикология» становится все более популярным, но часто его употребляют неправильно, путая с «токсикологией». Одно из главных отличий между классической токсикологией и экотоксикологией состоит в том, что последняя имеет *четырёхкомпонентный предмет исследований*:

1. Вещества (поллютанты) освобождаются (выбрасываются) в окружающую среду; количества, формы и состояния поллютантов должны быть известны, если соответствующее «поведение» их уже было изучено.

2. Вещества транспортируются географически и в пределах различной биоты. При этом их химическая структура, вероятно, трансформируется, а содержание в окружающей среде повышается за счет накопления.

Важно, что «поведение» различных компонентов и их токсичность существенно отличаются. Природа этих процессов для основных загрязняющих веществ пока недостаточно изучена. Опасность, связанная с неопределенностью конечной судьбы некоторых химических веществ, возрастает, в связи с чем она должна быть установлена и обоснована документами в ближайшие годы.

3. Поллютанты воздействуют на один или более организм-мишень. Для того чтобы это оценить, нужно вначале идентифицировать природу мишеней (сам человек, домашний скот, популяция, экосистема и т. д.) и исследовать тип воздействия.

4. В классической токсикологии рассматривается отклик отдельного организма на воздействие загрязняющего вещества, в экотоксикологии — отклик *популяции, сообщества или экосистемы* на воздействие загрязняющего вещества (возможно, трансформированного) в соответствующей временной шкале.

Все оценки конечных эффектов воздействия поллютантов на окружающую среду даются только в количественном выражении.

Главными направлениями экотоксикологии в настоящее время считают:

— идентификацию загрязняющих веществ, их форм и компонентов в экосистеме, в которой они находятся;

— изучение эффектов воздействия загрязняющих веществ, в частности биохимических, физиологических и анатомических, на отдельных индивидуумов или небольшие группы отдельных

видов, что способствует выявлению мишеней воздействия на уровне индивидуума;

- изучение эффектов воздействия загрязняющих веществ на популяционном уровне, сравнение с видовыми эффектами, выделение наиболее чувствительных видов и наиболее важных эффектов для этих видов; это помогает выявить мишени и точки приложения на популяционном уровне;

- количественное изучение миграции поллютантов в экосистеме, в том числе количества токсикантов, достигающих мишени через воздух, воду, почву и пищу, времени циркуляции определенных концентраций токсикантов в этих средах, физиологии и метаболизма организмов-мишеней при воздействии этих концентраций;

- изучение комбинированных эффектов воздействия поллютантов для количественной и интегрированной оценки их воздействия на окружающую среду.

Глава 1

ПРИОРИТЕТНЫЕ ЭКОТОКСИКАНТЫ

Загрязняющие химические продукты классифицируют по источникам поступления, областям применения и характеру воздействия. Другим типом классификации химических продуктов является деление их на природные и не свойственные окружающей среде (ксенобиотики). Ксенобиотиками называют вещества, по своей структуре и биологическим свойствам чуждые биосфере и полученные исключительно в результате химического синтеза. Степень «несвойственности» таких химических веществ природе различна, так как по своей структуре они могут быть совсем близкими к природным веществам или полностью отличаться от них (например, идентичные природным ароматические вещества, выпускаемые промышленностью; близкие к природным инсектициды — синтетические пиретроиды, в противоположность соединениям с новой структурой, созданной человеком).

Разнообразие и большая численность загрязняющих веществ делают практически невозможным контроль над содержанием каждого из них в объектах окружающей среды. Поэтому выделяют группу так называемых приоритетных загрязняющих компонентов. Например, в «черный список», составленный в начале 1980-х гг. Агентством по охране окружающей среды США (EPA) и ответственными органами стран Европейского сообщества, входит 180 соединений, объединенных в 13 групп (Исидоров В. А., 2001):

- 1) хлорорганические пестициды;
- 2) фосфорорганические пестициды;
- 3) пестициды на основе феноксиуксусной кислоты;
- 4) азотсодержащие пестициды на основе триазина и мочевины;
- 5) летучие хлорорганические соединения;
- 6) «малолетучие» хлорорганические соединения;
- 7) хлорфенолы;
- 8) хлоранилины и хлорнитроароматические соединения;
- 9) полихлорированные и полибромированные бифенилы;
- 10) ароматические углеводороды;
- 11) полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- 12) металлорганические соединения;
- 13) другие соединения.

Для обоснованного выбора приоритетных химических веществ обычно придерживаются определенных требований, изложенных в Международной программе по химической безопасности. Приоритетными считают вещества, имеющие следующие характеристики (Токсикометрия..., 1986; Дмитриев В. В., Фруммин Г. Т., 2004):

- широкое распространение вещества в окружающих человека микросредах и уровни его воздействия, способные вызвать неблагоприятные изменения в состоянии здоровья населения;

- устойчивость токсического вещества к воздействию факторов окружающей среды, его накопление в организме, включение в пищевые цепи или в природные процессы циркуляции веществ;

- частота и тяжесть неблагоприятных эффектов, наблюдаемых в состоянии здоровья населения при воздействии токсического агента; при этом особенно важны необратимые или длительно протекающие изменения в организме, приводящие к генетическим дефектам, или другие нарушения развития у потомства;

- постоянный характер действия;

- изменение (трансформация) химического вещества в окружающей среде или организме человека, приводящее к образованию продуктов, имеющих большую, чем исходное вещество, токсичность для человека;

- большая величина популяции населения, подверженного действию химического вещества (вся популяция, профессиональные контингенты или подгруппы, имеющие повышенную чувствительность к воздействию данного токсиканта).

Анализ списка показывает, что около 60 % приоритетных загрязняющих веществ относится к хлор- и бромсодержащим соединениям.

Странами ООН, участвующими в мероприятиях по улучшению и охране окружающей среды, согласован общий перечень наиболее важных (приоритетных) веществ, загрязняющих биосферу. К их числу обычно относят соединения тяжелых металлов, пестициды, полициклические ароматические углеводороды, хлорорганические соединения (ХОС), нефтепродукты, фенолы, детергенты, нитраты. Из этого перечня приоритетных загрязняющих веществ наиболее опасными являются тяжелые металлы, полиароматические углеводороды и хлорорганические соединения.

1.1. Тяжелые металлы

Из всех классов неорганических соединений, поступающих в биосферу в результате человеческой деятельности, наибольшее внимание привлекают тяжелые металлы. В их число, согласно решению

Целевой группы по выбросам Европейской экономической комиссии ООН, включены Pb, Cd, Hg, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, а также As, Sb и Se (Исидоров В. А., 1997).

Некоторые из перечисленных элементов необходимы живым организмам, поскольку входят в состав простетических групп важных биомолекул. Однако потребность в них невелика и поступление избыточных металлов в организмы приводит к тяжелой интоксикации. Поэтому многие организмы имеют естественные механизмы метаболизма и удаления тяжелых металлов, чаще всего в форме металлорганических соединений.

Особое место металлов среди приоритетных химических веществ, загрязняющих биосферу, обусловлено следующими причинами (Яцимирский К. Б., 1976; Фруммин Г. Т., 2002):

1. Скорость извлечения металлов из земной коры человеком выше, чем геологическая скорость их извлечения (табл. 1.1).

Основными антропогенными источниками металлов служат различные топливные установки, предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающие предприятия, цементные заводы, химические предприятия, гальванические производства и транспорт.

2. В отличие от органических загрязняющих веществ, подвергающихся процессам разложения, металлы способны лишь к перераспределению между отдельными компонентами географической оболочки.

3. Металлы сравнительно легко накапливаются в почвах, но трудно и медленно из нее удаляются. Период полуудаления из почвы цинка — до 500 лет, кадмия — до 1100 лет, меди — до 1500 лет, свинца — до нескольких тысяч лет.

4. Металлы хорошо аккумулируются органами и тканями человека, теплокровных животных и гидробионтов.

5. Металлы, особенно тяжелые, высокотоксичны для различных биологических объектов.

Таблица 1.1

Скорость извлечения металлов из земной коры (т/г)

Элемент	«Геологическая скорость», V_g	Скорость извлечения человеком, V_h	V_h/V_g
Железо	$2,5 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^8$	12,8
Медь	$3,8 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^6$	11,8
Цинк	$3,7 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^6$	10,5
Свинец	$1,8 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^6$	12,7
Марганец	$4,4 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^6$	3,6
Олово	$1,5 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^5$	113
Молибден	$1,3 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^4$	4,4
Ртуть	$3,0 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^3$	2,3
Серебро	$5,0 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^3$	1,4

В последнее время (с конца 1960-х гг.) в специальной научной литературе появился термин «тяжелые металлы», который сразу же приобрел негативное звучание. С этим термином связано представление о чем-то токсичном, опасном для живых организмов: будь то люди, животные или растения. Однако надо иметь в виду, что многие из причисляемых к этой группе элементов жизненно необходимы (эссенциальны) для различных живых организмов.

Обычно к тяжелым металлам относят группу химических элементов, имеющих плотность более 5 г/см^3 . Для биологической классификации правильнее руководствоваться не плотностью, а атомной массой, т. е. относить к тяжелым металлам все металлы с относительной атомной массой более 40 а. е. м. (Алексеев Ю. В., 1987).

И хотя термин «тяжелые металлы» неудачен, им приходится пользоваться, так как он прочно вошел в экологическую литературу. Набор тяжелых металлов (ТМ) во многом совпадает с перечнем «микроэлементов». Под микроэлементами подразумеваются такие химические элементы, облигатные (обязательные) для растений и живых организмов, содержание которых измеряется величинами порядка $n \cdot 10^{-2}$ – $n \cdot 10^{-5} \%$. Также их называют «следовые», «малые», «редкие», «рассеянные». Из приоритетных металлов наибольшее внимание уделяется четырем, называемым «большой четверкой», это – свинец, ртуть, кадмий и мышьяк.

Свинец. История применения свинца очень древняя, что обусловлено относительной простотой его получения и большой распространенностью в земной коре ($1,6 \cdot 10^{-3} \%$). Общие запасы свинца на планете оценивают в 100 млн т, главным образом в виде сульфата. Из этого естественного источника в окружающую среду поступает ежегодно в виде силикатной пыли почвы, вулканического дыма, испарений лесов, морских солевых аэрозолей и метеоритной пыли до 210 тыс. т свинца.

Свинец применяется в производстве кабелей, в химическом машиностроении; для защиты от γ -излучения; для получения тетраэтилсвинца и свинцовых пигментов; как компонент разнообразных сплавов. Свинец и его оксиды используются в производстве аккумуляторов. Многие соединения свинца используются для изготовления красок, замазок, лаков, спичек, пиротехнических изделий, пластмасс (в качестве стабилизатора), пьезоэлектрических элементов и т. д. Соединения свинца – Pb_3O_4 и PbSO_4 – основа широко применяемых пигментов: сурика и свинцовых белил. Глазури, которыми древние покрывали глиняную посуду, также включают соединения свинца.

Начиная со времен Древнего Рима, металлический свинец используют при прокладке водопроводов.

Учебное издание

БАТЯН Анатолий Николаевич,
ФРУМИН Григорий Тевелевич,
БАЗЫЛЕВ Владимир Николаевич

**ОСНОВЫ ОБЩЕЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ**

Учебное пособие

Подписано в печать 15.01.2009. Формат 60 × 88¹/₁₆.

Печ. л. 22,0. Тираж 2000 экз. Заказ №

ООО «Издательство „СпецЛит“». 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29,
тел./факс: (812) 251-66-54, 251-16-94, <http://www.speclit.spb.ru>.

Отпечатано с диапозитивов ООО «Издательство „СпецЛит“»
в ГП ПО «Псковская областная типография»
180004, г. Псков, ул. Ротная, 34

ISBN 978-5-299-00410-6



9 785299 004106