



Б. И. Марченко

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ



Борис Марченко

Экологическая токсикология

«Южный Федеральный Университет»

Марченко Б. И.

Экологическая токсикология / Б. И. Марченко — «Южный
Федеральный Университет»,

ISBN 978-5-92-752585-0

В учебном пособии рассматриваются основные понятия, исторические аспекты становления и развития, цели и задачи современной экологической токсикологии, механизмы и особенности токсических эффектов химических загрязнителей на популяции организмов и биоценозы, входящие в состав экологических систем. Представлены данные об источниках и поведении ксенобиотиков и других экополлютантов в окружающей среде, их дрейфе, аккумуляции, биоконцентрировании, трансформации, детоксикации и экскреции в различных биологических системах; о реакциях на воздействие приоритетных экотоксикантов на популяционном уровне. Изложены подходы к оценке токсичности экополлютантов, рассматриваются принципы экотоксикологического нормирования. Для студентов специальности 20.03.01 «Техносферная безопасность».

ISBN 978-5-92-752585-0

© Марченко Б. И.
© Южный Федеральный Университет

Содержание

Введение	5
1. Основы экологической токсикологии	7
1.1. Объект, предмет, цель и задачи экологической токсикологии	9
1.2. Ксенобиотический профиль среды	11
Конец ознакомительного фрагмента.	13

Б. И. Марченко

Экологическая токсикология

учебное пособие

Введение

Экологическая токсикология как междисциплинарное направление появилось во второй половине XX в. на стыке ряда научных дисциплин – токсикологии, гигиены (коммунальной, труда, детей и подростков, общей, социальной и др.), экологии, радиобиологии, экологической генетики, метеорологии, популяционной экологии, токсикологической химии, экологического мониторинга, геохимии и др.

Первые токсикологические знания относятся еще к каменному веку, когда человек столкнулся с ядовитыми веществами животного и растительного происхождения. Развитие химии и применение химических технологий в промышленности и сельском хозяйстве обусловили возникновение промышленной и сельскохозяйственной токсикологии. Одновременно с развитием общей токсикологии, предмет которой составляют общие закономерности взаимодействия живых систем и ядовитых веществ, происходила ее дифференцировка на многочисленные направления токсикологии – клиническую, коммунальную, военную, пестицидов, тяжелых металлов и другие. В нашей стране становление токсикологии, методологии гигиенического регламентирования качества и безопасности компонентов окружающей среды, математического прогнозирования и количественного выражения биологических эффектов химических веществ связано с именами физиолога Цитовича И.С., Правдина Н.С., Лазарева Н.В. и Саночкого И.В. (промышленная токсикология); Рязанова В.А. и Черкинского С.Н. (коммунальная токсикология).

Токсикология тесно связана с гигиеной – отраслью медицины, изучающей влияние условий жизни на здоровье населения, разрабатывающая мероприятия, направленные на предупреждение болезней и создание условий, обеспечивающих сохранение здоровья.

Экологическая токсикология своим возникновением во многом обязана знаменитой книге «Молчаливая весна», увидевшей свет в 1962 г. Ее автор Рашель Карсон впервые описала факты массовой гибели пернатых и ихтиофауны из-за бесконтрольного использования пестицидов. Именно тогда возникли первые общества защиты окружающей среды и появилась законодательная регламентация выбросов ксенобиотиков. Как оказалось, *стойкие органические загрязнители (СОЗ)* – вещества, период полураспада которых в различных объектах окружающей среды превышает 50 суток, представляют опасность для людей, что послужило основанием для разработки многочисленных законодательных и нормативных актов, ограничивающих выбросы экотоксикантов. Первые отечественные гигиенические нормативы на СОЗ появились в 60-е г.г. XX в., были разработаны предельно допустимые концентрации (ПДК) гексахлорбутадиена и полихлорбутанов в воде водоемов, методические основы гигиенического контроля хлорорганических соединений и гигиенические нормативы четырёх хлорпроизводных уксусной кислоты в воздухе рабочей зоны. В 70-е г.г. появились результаты отечественных исследований влияния хлорпроизводных феноксикилот, в частности 2,4-Д, на организм женщин. Позднее Т. Колборн с соавторами в книге «Наше украденное будущее» показали, что синтезированные человеком хлорорганические соединения (ХОС) способны нарушать формирование, функционирование и воспроизводство организмов, в том числе и людей. В последующем советскими учеными были изучены особенности миграции хлорорганических пестицидов по пищевым цепям, доказана зависимость токсических свойств ксенобиотиков от их

липофильности. В 80-х г.г. XX в. Рэмом Петровым для обозначения научного направления по изучению нарушений иммунной системы при воздействии ксенобиотиков было введено понятие «экологическая иммунология».

Превращение *экотоксикологии (ecotoxicology)* в самостоятельную науку связано с именем Рене Траута, объединившего две научные дисциплины, – экологию и токсикологию. Сам термин «экотоксикология» («экологическая токсикология») появился в 1969 г., когда была создана рабочая комиссия по проблемам экологической токсикологии при SCOPE (Международный научный комитет по проблемам окружающей среды), и получил широкое распространение с 1973 г., когда им стали обозначать направление профилактической токсикологии, которое изучает механизмы адаптации (приспособления) живых организмов к модификации химического состава окружающей среды при воздействии комплекса факторов абиотического, биотического и социального происхождения.

В настоящее время известно более восемнадцати миллионов синтезированных химических веществ, из числа которых около ста тысяч используются в промышленных целях, частично попадают в окружающую среду в виде отходов и включаются в трофические цепи. В результате в организм любого человека могут попадать и накапливаться десятки и сотни токсичных химических веществ антропогенного происхождения ранее не известных. Формирование «техногеннозависимых трофических цепей» с участием таких экотоксикантов как СО₂ и тяжелые металлы приводит к «эффекту бумеранга» и одним из последствий химического загрязнения окружающей среды является появление экологически обусловленных заболеваний (например, болезни Минамата, Итай-Итай и Ю-Шо из-за интоксикации метилированной ртутью, соединениями кадмия и полихлорированными бифенилами соответственно). Человечество столкнулось с тем, что загрязнение отходами производства окружающей среды в одном регионе обуславливает отсроченные токсические эффекты у представителей биоты, обитающих за тысячи километров от источника выбросов (например, ДДТ был обнаружен в жировых тканях пингвинов в Антарктиде, а метилированная ртуть – в морских рыбах и млекопитающих Арктики).

1. Основы экологической токсикологии

В настоящее время интенсивно формируется *токсикология окружающей среды* (*environmental toxicology*) – наука, занимающаяся изучением неблагоприятных эффектов в экологических системах (включая человеческие популяции), развивающихся из-за изменений естественного ксенобиотического профиля среды. Под *ксенобиотическим профилем среды* понимается количественная и качественная характеристика комплекса ксенобиотиков, находящихся в объектах окружающей среды – в воде, почве, воздухе и биоте, агрегатное состояние которых позволяет им вступать с различными абиотическими и биотическими компонентами экологической системы (биоценоза) в химические и физико-химические взаимодействия. В зарубежной литературе токсикологию окружающей среды принято подразделять на два направления: экологическую токсикологию и токсикологию экополлютантов.

Экологическая токсикология рассматривает проблемы, связанные с особенностями взаимодействия экополлютантов с биотическими (животный и растительный мир) и абиотическими элементами природы; изучает генез и механизмы неблагоприятных эффектов воздействия загрязнителей на биологические мишени – от микроорганизмов до высших животных, включая людей, как правило, *на уровне популяций или даже экологической системы в целом*. Основным вектором исследований в сфере экологической токсикологии является миграция в экологических системах полностью чужеродных для живых организмов веществ, не участвующих в пластическом и энергетическом обмене, – *ксенобиотиков*. Изучаются механизмы включения ксенобиотиков в естественные потоки веществ в биосфере и последствия этого, проявляющиеся в экологической дестабилизации биосферы, трансформации ее элементов, уменьшении биологического разнообразия и формировании риска для здоровья населения.

Токсикология экополлютантов изучает неблагоприятное действие изменения ксенобиотического профиля среды и отдельных экополлютантов, накапливающихся в окружающей среде, на здоровье человека. Токсикология экополлютантов использует методы классической токсикологии: экспериментальный, клинический, эпидемиологический. Объектом исследований токсикологии экополлютантов являются различные характеристики неблагоприятных эффектов воздействия экотоксикантов и продуктов их трансформации на организмы людей – механизмы, динамика развития и проявления.

Содержанием дисциплины «экологическая токсикология» является *учение об экотоксичности*, а основными рассматриваемыми вопросами: во-первых, *характеристика ксенобиотического профиля окружающей среды*, во-вторых, *проблемы экотоксикокинетики, экотоксикодинамики и экотоксикометрии* (Куценко С.А., 2002):

– **экотоксикокинетика** – раздел экологической токсикологии, изучающий судьбу различных экополлютантов, включая ксенобиотики, в окружающей среде – закономерности и особенности их поступления, распределения в абиотических и биотических элементах, трансформации и элиминации;

– **экотоксикодинамика** – раздел экологической токсикологии, сферой интересов которого являются механизмы неблагоприятного воздействия ксенобиотического профиля среды на биоценоз в целом и на отдельные его компоненты;

– **экотоксикометрия** – наименее разработанное в настоящее время направление токсикологии окружающей среды; за исключением классических методов токсикометрического исследования, остающихся базой экотоксикометрии, исследователи и практики располагают только далекой от совершенства методологией оценки экологического риска.

В качестве теоретического базиса экологической токсикологии на современном этапе выступают разрабатываемые в рамках теоретической экологии фундаментальные закономерности

ности организации, функционирования и структуры природных систем на популяционном и биоценоотическом уровнях.

Важнейшей научно-практической проблемой современной экологической токсикологии остается *устойчивость и стабильность экологических систем* (Безель В.С., Большаков В.Н., 1995). Причинами отсутствия успешного решения данной проблемы являются, во-первых, огромное количество и сложность взаимосвязей в экологических системах, чаще всего нелинейного характера, во-вторых, трудности в определении экологической нормы, так как любая экосистема способна существовать в различных состояниях и, в-третьих, главенствующая антропоцентристская позиция, ориентированная на максимальное удовлетворение потребностей человека. К числу актуальных также относятся: во-первых, проблема *экологического нормирования* в целях минимизации антропогенного влияния на экологические системы с учетом их экологической ёмкости для сохранения механизмов экологического гомеостаза, во-вторых, проблема *адаптации экологических систем к воздействию экотоксикантов* на трех уровнях приспособительных реакций – организменном, надорганизменном и процессе адаптивной микроэволюции, в-третьих, проблема *пространственно-временной неоднородности экологических систем*.

1.1. Объект, предмет, цель и задачи экологической токсикологии

Область интересов экологической токсикологии как отдельной научной дисциплины – изучение эффектов воздействия химических загрязнителей, в первую очередь ксенобиотиков, на экологические системы. При этом в первую очередь рассматриваются токсические эффекты стойких органических загрязнителей (СОЗ) и тяжелых металлов, мигрирующих по трофическим цепям. Генетическая связь с классической токсикологией наглядно проявляется в широком использовании экологической токсикологией ее традиционной методологии, дефиниций и категорий при изучении эффектов химических загрязнителей. Но если в классической токсикологии основной объект изучения – человек, то в экологической токсикологии *объектом* исследований являются механизмы, динамика развития и проявления неблагоприятных эффектов действия экополлютантов, в первую очередь ксенобиотиков, а также продуктов их трансформаций в окружающей среде на живые организмы; человек при этом рассматривается всего лишь как одно из звеньев трофических цепей.

Предложено несколько различающихся подходов к определению *предмета* (*предметного поля*) экологической токсикологии. Так, в частности, экологическая токсикология рассматривается как научная дисциплина: занимающаяся изучением токсических эффектов, возникающих при воздействии химических веществ на биологические мишени преимущественно на популяционном уровне, в границах отдельных экологических систем (Butler G.C., 1978); прогнозирующая влияние химических веществ на экологические системы (Левин Э.Н., 1989); суммирующая экологические и токсикологические эффекты химических поллютантов на популяции, сообщества и экологические системы, прослеживающая их судьбу – транспорт, трансформацию и удаление (элиминацию) из окружающей среды (Форбс В., Форбс Т., 1994). Таким образом, *предмет экологической токсикологии* – это биологические системы надорганизменного уровня (популяции, биоценозы), подверженные влиянию химического загрязнения [1, 6, 9].

Токсическое действие экополлютантов на животных и растения, осуществляющееся через различные физиологические, биохимические и функциональные нарушения и проявляющееся на молекулярно-генетическом, клеточно-тканевом и онтогенетическом уровнях, в рамках экологической токсикологии рассматривается как *первичные токсические эффекты*, приводящие к дезорганизации различных популяционных механизмов. При этом ответная реакция экологических систем на химическое загрязнение обычно бывает неспецифичной в форме изменения продуктивности, соотношения биологических видов и т.д. Таким образом, к сегодняшнему дню экологическая токсикология оформилась как междисциплинарное научное направление, основной *целью* которого является исследование воздействия токсичных экополлютантов на живые организмы, главным образом на их популяции, и биоценозы, входящие в состав экологических систем, с последующим обоснованием мероприятий по профилактике вредных воздействий химических загрязнителей на окружающую среду и оптимизации условий жизнедеятельности людей. С указанной целью экологическая токсикология изучает, во-первых, источники поступления загрязнителей в окружающую среду, во-вторых, их дальнейшее распространение и, в-третьих, воздействие на живые организмы, в том числе на организм человека. К актуальным *задачам* экологической токсикологии относятся:

- идентификация источников химического загрязнения окружающей среды;
- разработка методов индикации и количественного определения экотоксикантов в объектах окружающей среды;
- изучение маршрутов распространения поллютантов в почве, воде, атмосфере, растениях, животных, а также по трофическим цепям в целом, в том числе замыкаемых на человеке;

- исследование механизмов токсичности и разработка критериев для дифференцированной оценки опасности ксенобиотиков и других экополлютантов, в том числе для здоровья человека;
- оценка изменений в окружающей среде, вызванных загрязнителями (оценка опасности загрязнения для экосистемы в целом и для отдельных ее элементов);
- разработка принципов и методов регламентирования содержания экотоксикантов в объектах окружающей среды;
- моделирование с выходом на прогноз опасности загрязнения окружающей среды для человека, фауны, флоры и экологических систем в целом;
- использование полученных данных для уменьшения неблагоприятного воздействия загрязнения, для разработки необходимых мероприятий, направленных на улучшение состояния биосферы и здоровья населения.

Основные *методы экологической токсикологии*: биоиндикация в целях оценки качества окружающей среды, биотестирование – экспериментальное изучение токсических эффектов и мониторинг состояния здоровья человека. Важное значение сохраняют методы по изучению механизмов токсического действия, оценка соотношения «доза – эффект», определение токсикантов в объектах окружающей среды, живых организмах и т.д. [1, 7, 12].

1.2. Ксенобиотический профиль среды

Абиотические и биотические элементы окружающей среды представляют собой сложный конгломерат, представляющий собой бесчисленное количество различных молекул. Экологическую токсикологию интересуют только те из них, которые обладают свойством **биодоступности**, т.е. могут немеханическим образом взаимодействовать с биологическими объектами. К биодоступным, как правило, относятся химические вещества, представленные в жидком или газообразном агрегатном состоянии, накапливающиеся на поверхности частиц почвы и других объектов окружающей среды, поступающие в организм человека с пищевыми продуктами, либо твердые вещества в мелкодисперсном состоянии с размером частиц пыли менее 50 микрон. Химические вещества, находящиеся в твердых и нерастворимых в воде объектах (например, в скальных породах), биодоступностью не обладают, но могут служить источниками формирования ксенобиотического профиля. Судьба биодоступных химических соединений, утилизированных живыми организмами, может быть различной. Часть из них играют роль эссенциальных элементов окружающей среды, необходимых для жизнедеятельности живых организмов, включаются в их обменные процессы в качестве пластических и энергетических ресурсов. Другие биодоступные химические соединения, попадая в организмы представителей флоры и фауны, как пластический или энергетический материал не могут быть использованы, однако в определенных концентрациях и дозах способны нарушать физиологические процессы, проявляя токсическое воздействие различного характера – общетоксическое, раздражающее, сенсibilизирующее, канцерогенное, мутагенное, нарушение репродуктивной функции и др. Эта вторая группа биодоступных химических соединений носит название **ксенобиотиков**, чуждых жизни веществ. Ксенобиотики могут попадать в организм различными путями – во-первых, через органы дыхания (ингаляционный путь), во-вторых, через органы пищеварения (перорально), в третьих, через кожу (перкутанно), а также через плаценту от матери к плоду (вертикальный путь). В зависимости от химического строения ксенобиотики подразделяются на неорганические, органические и элементоорганические вещества и соединения; в зависимости от типичных поражаемых органов-мишеней и систем органов – на гепатотоксические (печень), нефротоксические (почки), нейротоксические (нервная система), кардиотоксические (сердечно-сосудистая система), гемотоксические (система крови) и т.д.

Современная экологическая токсикология как один из ключевых факторов окружающей среды рассматривает **ксенобиотический профиль** биогеоценоза, который представляет собой *совокупность ксенобиотиков, находящихся во всех компонентах окружающей среды (вода, почва, атмосферный воздух и живые организмы) в таком агрегатном состоянии, которое позволяет им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экологической системы*. В целях детальной характеристики ксенобиотического профиля используются его качественные и количественные параметры. Как значимый компонент любого ксенобиотического профиля рассматриваются ксенобиотики, находящиеся в живых организмах, так как они неизбежно будут мигрировать через трофические цепи [2, 6, 11].

В ходе процессов филогенеза, на протяжении миллионов лет сформировались **естественные ксенобиотические профили**, к которым адаптированы сформировавшиеся на этих территориях биоценозы. Не всегда естественный ксенобиотический профиль среды безопасен для ее обитателей. Различные аномальные процессы, включая природные пертурбации и антропогенные вмешательства в окружающую среду, способны коренным образом модифицировать существующий естественный ксенобиотический профиль, прежде всего урбанизированных территорий.

К основным природным источникам ксенобиотиков относятся переносимые ветром частицы пыли в атмосферном воздухе, аэрозоль морской соли, выбросы при вулканической деятельности, лесные пожары, биогенные частицы и биогенные летучие вещества. Самый опасный источник ксенобиотиков – антропогенный. Локальное загрязнение отмечается в пределах границ источников загрязнения (как правило, границы его распространения не выходят за пределы подфакельной области). Импактная зона – зона, где концентрация вредных веществ превышает предельно допустимые концентрации. Местное загрязнение не выходит за пределы населенного пункта, города, района. Региональное загрязнение почвы и растительного покрова возникает в результате совокупного влияния переноса в атмосфере загрязняющих веществ из разных источников загрязнения и охватывающие крупные территории интенсивного хозяйственного пользования. Значимую роль в формировании и модификации ксенобиотического профиля среды играют физические воздействия электромагнитных, акустических, радиационных, тепловых, вибрационных и других факторов.

Те химические вещества и соединения, которые за счет значительного накопления в компонентах окружающей среды обуславливают изменения естественного ксенобиотического профиля принято называть **экополлютантами** (*загрязнителями* окружающей среды). К числу приоритетных экополлютантов относятся, во-первых, загрязнители воздушной среды – как газы (например, NO_2 , SO_2 , CO , углеводороды, фреоны), так и пыль (асбестовая, угольная, кремниевая и другая) и, во-вторых, загрязнители водной среды и почв (тяжелые металлы, хлорорганические и ртутьорганические пестициды, нитраты, фосфаты, нефть и нефтепродукты, органические растворители, низкомолекулярные галогенированные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды – ПАУ, полихлорированные бифенилы, диоксины и другие).

Не каждый экополлютант, присутствующий в окружающей среде, а только тот, концентрация которого достаточна для запуска токсических процессов на любом уровне организации живых организмов данного биоценоза обозначается как **экотоксикант**. В рамках процедур анализа экологического риска (оценки и управления) используется также понятие «*стрессор*

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.