Лекция 1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ

Загрязнение биосферы Земли антропогенными токсичными веществами, главным образом ксенобиотиками (чужеродными для нее химическими соединениями), приобретает поистине угрожающий характер. Общепризнанно, что человечество уже выбросило в биосферу более пяти миллионов различных веществ и продолжает выбрасывать их по несколько тысяч ежесуточно. Поэтому отнюдь не случайно загрязнение биосферы в большинстве глобальных моделей предвидимого будущего рассматривается среди пяти самых фундаментальных проблем (наряду с ростом народонаселения, истощением природных ресурсов, промышленным производством и производством сельскохозяйственных продуктов). Предостережения о негативном влиянии человеческой цивилизации на окружающую среду высказывались многими мыслителями. Еще в ХVIII в. Жан-Жак Руссо, знаменитый французский писатель и философ, произнес фразу: «Прогресс противоречив, а гармония невозможна». Более определенно в начале ХIХ в. высказался другой француз – естествоиспытатель Жан Батист Ламарк: «Человек, ослепленный эгоизмом вследствие беззаботного отношения к будущему и равнодушия к себе подобным, способствует уничтожению средств к самосохранению и тем самым – истреблению своего вида. Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания». Опасность химического загрязнения окружающей природной среды отмечал еще Шарль Луи де Монтескье (1689–1755). Хорошо известно, как далеко продвинулись с тех пор наука, технология и химическая промышленность (табл. 1). Число известных химических соединений, а вместе с ними и объем новых знаний нарастают во времени быстрее, чем по экспо- 4 ненте. Такие опережающие темпы развития отличают химию от других естественных наук, подчиняющихся экспоненциальному закону развития (рис. 1). Таблица 1 Массив химических соединений Известное количество химических соединений > 20 000 000 Ежегодно синтезируется или выделяется из природных источников 200 000 – 250 000 Широко используется в экономически развитых странах ≅ 70 000 Ежегодное поступление в окружающую среду новых соединений ≅ 3 000 Количество синтетических химических соединений, производимых в количестве свыше 500 кг/год ≅ 11 000 Рис. 1. Динамика увеличения числа химических соединений На сегодняшний день, по данным «Chemical Abstracts», общее число известных соединений перевалило уже за 20 млн. Ежедневно в мире появляется в среднем 500 новых органических веществ. Количество же теоретически возможных небольших (мономерных) органических молекул, согласно «Chemical Informations Systems», достигает астрономической величины – 1068! Химия рассматривалась и рассматривается в качестве одного из основных средств решения продовольственной (удобрения, средства защиты растений), сырьевой (пластмассы, искусственные 5 волокна, смолы и т.д.) и энергетической проблем. Роль химии в современном мире хорошо охарактеризована рекламой фирмы «Дюпон де Немур»: «Лучшие вещи для лучшей жизни благодаря химии». Химия – наука, диапазон отношений которой с обществом всегда был очень широк – от восхищения и слепой веры («химизация всего народного хозяйства») до столь же слепого отрицания («нитратный» бум) и хемофобии. Хемофобия – неприятие химии и синтетических химических соединений. Например, неприятие лекарств, полученных синтетическим путем, химических удобрений, одежды из «синтетики». Сейчас наблюдается тенденция использования именно «природных» компонентов, например, в косметических и лекарственных препаратах. На химию был перенесен образ алхимика-мага, скрывающего свои цели и обладающего непонятной силой. Яды и порох в прошлом, нервно-паралитические и психотропные вещества сегодня – эти инструменты власти обыденное сознание ассоциирует с химией. Поскольку химическая промышленность является важным и необходимым компонентом экономики, хемофобия нередко сознательно разжигается в конъюнктурных целях (искусственные экологические психозы). В действительности нет оснований считать такой подход верным: ‒ любое химическое соединение, полученное искусственным путем (при условии достаточной очистки), не должно отличаться от своего природного аналога; ‒ очень многие синтетические вещества совершенно безопасны и приносят огромную пользу людям; ‒ существует множество вредных и опасных для жизни «природных» соединений. На деле химия является системообразующим фактором современного общества, то есть совершенно необходимым условием его существования и воспроизводства. Прежде всего потому, что химия участвует в формировании современного человека. Из его мировоззрения нельзя изъять видение мира через призму понятий химии. Более того, в индустриальной цивилизации человек сохраняет свой статус члена общества (не маргинализуется) лишь в том 6 случае, если достаточно быстро осваивает новые химические представления (для чего служит целая система популяризации химии). Вся техносфера – искусственно созданный окружающий человека мир – все быстрее насыщается продуктами химического производства, обращение с которыми требует высокого уровня химических знаний, навыков и интуиции. Многие химикаты в процессе их производства, переработки, транспортировки и применения, а также при авариях попадают в различные элементы биосферы (почву, воздух, воду), переходящие в результате этого из стационарного состояния в экологически запрещенное – разрушающееся. Загрязнение биосферы Земли антропогенными токсичными веществами, главным образом ксенобиотиками (чужеродными для нее химическими соединениями), приобретает поистине угрожающий характер. Если в давние века люди использовали ХIХ химических элементов, в XVII в. – 26, в XVIII в. – 28, в XIX в. – 50, в самом начале XX в. – 59, то сегодня найдено применение фактически всем химическим элементам, встречающимся на Земле (и даже созданы новые, например, плутоний). По данным ВОЗ, только в водных объектах, помимо неорганических, определено более 3000 загрязняющих веществ органического происхождения. Более 700 веществ, содержащихся в водных объектах, может попадать в питьевую воду, причем органических соединений там идентифицировано более 600. Многие из этих веществ опасны для человека. К примеру, нитраты при поступлении в организм с водой в повышенных дозах обладают разнообразным спектром вредного действия: повышают частоту инфекционных заболеваний, болезней кожи и подкожной клетчатки. При действии некоторых металлов появляется иной симптомокомплекс, где ведущим может быть поражение интеллекта, нервной системы, крови. Кроме того, из 700 соединений, идентифицированных в питьевой воде, 20 являются явными канцерогенами, 23 – потенциальными, 18 – промоторами, 56 веществ обладают мутагенным действием. Очевидно, что далеко не все вещества являются опасными для биосферы (таковыми признаны 53500 соединений), но ясно и то, что безвредных веществ вообще нет и быть не может. Все зависит 7 от дозы (концентрации) вещества в среде, времени и условий взаимодействия организма и яда. Особенность современной ситуации заключается в том, что изменения в окружающей среде опережают темпы развития методов контроля и прогнозирования ее состояния. В настоящее время человек лишь констатирует неблагоприятные экологические явления и не может их предотвратить. Необходим качественно новый подход к описанию состояния окружающей среды как динамической химико-биологической системы. По мнению Барри Коммонера, экосистема всегда разрушается извне: – человек вырывает из экосистемы компоненты, представляющие экономическую ценность (рыба, лес, ресурсы); – человек может искусственно увеличить какой-то компонент экосистемы извне, что также неблагоприятно; – человек может вводить в экосистему совершенно чуждые ей вещества (пластмассы, пестициды, тяжелые металлы и др.). Еще несколько десятков лет назад химические отходы производства просто сбрасывали в окружающую среду, а пестициды и удобрения практически бесконтрольно, исходя из утилитарных соображений, распыляли над огромными территориями. При этом полагали, что газообразные вещества должны быстро рассеиваться в атмосфере, жидкости частично растворяться в воде и уноситься из мест выброса. И хотя твердые продукты в значительной степени накапливались в регионах, потенциальная опасность промышленных выбросов рассматривалась как низкая. Использование же пестицидов и удобрений давало экономический эффект, во много раз превосходящий ущерб, наносимый токсикантами природе. Эволюция не могла предполагать, что среда обитания так сильно и резко отклонится от естественного эталона, наполнится такими чужеродными примесями. Так, долгое время не могли разгадать причину сокращения популяций морских обитателей (особенно черепах) в 1970-е годы. Оказалось, что виной тому полимерный мусор (пленки, пакеты, бутылки), который животные заглатывают, принимая за медуз. Причём жертвой оказались не только прибрежные популяции Средиземного моря, Атлантического побережья Европы и США. Мас- 8 совая гибель охватила животных, обитающих в акваториях далёких океанских архипелагов, обитателей открытого океана. Тур Хейердал печально отметил, что на «Кон-Тики» он шёл по чистому величественному океану, а на «Ра» уже постоянно встречал на своём пути жуткие острова мусора. Великобритания запретила рыболовам и охотникам использование свинцовых грузил и дроби. Было установлено, что в местах интенсивной охоты и рыболовства лебеди-шипуны заглатывают упавший на дно свинец, принимая его за безобидный и необходимый для пищеварения гравий. В желудке птиц кусочки свинца механически растираются гравием, измельчённый токсичный металл растворяется пищеварительным соком и разносится кровью по всему организму. Птицы медленно, мучительно погибают от свинцового отравления. По этой причине популяция лебедей на внутренних водоёмах Англии сокращалась каждый год в среднем на 3000 особей. Быстро прогрессирующая деградация природной среды, прямо угрожающая существованию человека, вызвала настоящий стресс в общественном сознании. Достаточно упомянуть лишь заголовки некоторых книг, отражающих крайнюю обеспокоенность общества. Это «Безмолвная весна» Р. Карсон, «Оскальпированная земля» О. Дугласа, «Трехсотлетняя война: Хроника экологического бедствия» Ю. Медведева. В 1962 г. появляется книга Рашель Карсон «Молчаливая весна», в которой автор описывает случаи массовой гибели птиц и рыб от бесконтрольного использования пестицидов. Карсон сделала вывод, что выявляемые эффекты поллютантов на дикую природу предвещают надвигающуюся беду и для человека. Эта книга привлекла всеобщее внимание. Появились общества защиты окружающей среды, правительственные законодательные акты, регламентирующие выбросы ксенобиотиков. С этой книги, по сути, началось развитие новой ветви науки – экотоксикологии. В самостоятельную науку экотоксикологию (ecotoxicology) выделил Рене Траут, который впервые в 1969 г. связал воедино два совершенно разных предмета: экологию (по Кребсу – науку о взаимоотношениях, которые определяют распространение и обитание живых существ) и токсикологию. На самом деле, эта область зна- 9 ний включает в себя помимо указанных, элементы и других естественных наук, таких как химия, биохимия, физиология, популяционная генетика и т.д. Экотоксикология как термин, определяющий самостоятельное научное направление, введён в 1969 г., когда при Международном научном комитете по проблемам окружающей среды (СКОПЕ) была организована специальная Рабочая комиссия по экологической токсикологии. Тогда же были определены основные направления работ по экотоксикологии и принято официальное опpeделение этого направления. В этом же комитете в 1978 г. предложено считать термин официальным. Позднее это определение было уточнено на конференции СКОПЕ в 1978 г. Антропогенное загрязнение окружающей среды является наиболее негативным последствием развития человеческой цивилизации. Изучение эффектов химических веществ на популяции организмов и биоценозы стало предметом отдельной науки – экологической токсикологии. Экотоксикология – «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 (рис. 2). Человек, несомненно, является наивысшей ступенью в ряду биологических мишеней». Рис. 2. Влияние химического загрязнения на индивидуальный организм, популяцию и экосистему Первое упоминание об экотоксикологии в научных публикациях появились в конце 60-х гг. Данное направление предложено рассматривать как естественное ответвление токсикологии (науки об изучении воздействия ядов на индивидуальные организмы) в сторону экологических эффектов поллютантов. Следовательно, поллютант индивидуальный организм популяция экосистема Изменения окружающей среды 10 токсикология рассматривает эффекты ксенобиотиков на отдельный организм, а экотоксикология – его действие на экосистемы. Ксенобиотик может оказывать смертельное воздействие на индивидуальные организмы, но не иметь экологического значения. Нередко наблюдается обратная картина: малотоксичный поллютант является экотоксикантом. Экотоксикология оперирует как категориями общей экологии (экосистема, биоценоз, биотоп, биосфера и др.), общей токсикологии (яд, токсичность, опасность, токсический эффект и др.), так и собственными терминами (токсикант, экотоксикант, поллютант, суперэкотоксикант и др.). Термин «токсикант», по-видимому, может быть приравнен к понятию «яд». Чрезвычайно токсичные и опасные яды не всегда относятся к экотоксикантам. К примеру, не считаются экотоксикантами зарин, зоман, фосген, синильная кислота и другие отравляющие вещества. В то же время, диоксид углерода, являющийся составной частью атмосферного воздуха, приобретает все более важное экологическое значение (парниковый эффект). Поэтому к экотоксикантам целесообразно относить лишь те химические соединения, которые прямо или косвенно могут влиять на состояние популяций и биоценозов. Часто используют сходное понятие «поллютант, экополлютант» – вещество, встречающееся в окружающей среде, по крайней мере отчасти вследствие деятельности человека, и которое оказывает вредное действие на живые организмы. Экополлютант, накопившийся в среде в количестве, достаточном для инициации неблагоприятных эффектов в биоценозе (на любом уровне организации), может быть обозначен, как экотоксикант. В системе оценки экологического риска любое воздействие, будь то химический фактор или энергетическое поле, вызывающее изменения в биологических системах, как позитивные, так и негативные, называются стрессором. В этом смысле любой экотоксикант – несомненно, стрессор. F. Moriarty (1983) предлагает делить поллютанты на две группы. Первая группа – поллютанты, продуцируемые в количествах, при которых не проявляется прямой эффект на живые организмы, но при которых нарушаются химические и физические параметры окружающей среды. Это может повлиять на выживаемость видов. 11 Пример: повышение концентрации СО2 в атмосферном воздухе ⇒ парниковый эффект ⇒ потепление ⇒ изменение климата, повышение уровня Мирового океана, возрастание темпов опустынивания сельскохозяйственных земель. Вторую группу составляют токсичные экотоксиканты: SO2 и другие оксиды серы закисляют почвы, воды. Они имеют отношение к кислотным дождям. В тех случаях, когда экотоксиканты обладают высокой стойкостью (персистентностью), медленно метаболизируются в организмах, накапливаются в них (кумуляция), способны мигрировать в окружающей среде и по пищевым цепям, говорят о суперэкотоксикантах. К таковым относят хлорорганические пестициды, диоксины (в том числе ТХДД – тетрахлордибензопарадиоксин), тяжелые металлы.