

# Яды в нашей пище

Взрывная волна токсикантов окружающей среды в пищевых цепях: избранные аспекты, факты и аргументы

**Вольфдитрих Эйхлер**

Книга известного ученого из ГДР посвящена чрезвычайно важной и актуальной проблеме – накоплению ядов в окружающей среде и распространению их по пищевым цепям. Рассмотрены эпизоды из истории применения инсектицидов, гербицидов и т.д., биоцидное действие тяжелых металлов (ртути, кадмия, свинца и др.), хлорорганических соединений, удобрений и других потенциальных загрязнителей окружающей среды, проблема загрязнения воды, пути поступления ядов с пищей растительного и животного происхождения, накопление их в организме и воздействие на животных и человека. Предназначена для токсикологов, гигиенистов, специалистов по охране окружающей среды, врачей.

[Предисловие редактора перевода](#)

[Посвящение и благодарность](#)

[Предисловие](#)

[1. Введение](#)

[2. Определение и классификация токсикантов окружающей среды](#)

[3. Токсиканты и «осознание окружающей среды»](#)

[4. Продовольственные ресурсы мира и защита растений](#)

[5. Тропические болезни и борьба с вредными насекомыми](#)

[6. Эпизоотии и борьба с вредными насекомыми](#)

[7. Ртуть как биоцид](#)

[8. Метилртуть в наземных пищевых цепях](#)

[9. Метилртуть в водной пищевой цепи](#)

[10. Рассказ о щуках](#)

[11. Рассказ о скопе](#)

[12. Содержание ртути в животных организмах](#)

[13. Преобразование соединений ртути в водной среде](#)

[14. Опасность метилртути для человека](#)

[15. Багдадская история](#)

[16. История с ДДТ](#)

[17. ДДТ в пищевых цепях](#)

[18. Аккумуляция ДДТ](#)

[19. ДДТ как загрязнитель природной среды](#)

[20. Отказ от применения ДДТ](#)

[21. История с полихлорированными дифенилами \(ПХД\)](#)

[22. ПХД как токсиканты природной среды](#)

[23. Дилдрин как токсикант окружающей среды](#)

[24. Пентахлорфенол как токсикант окружающей среды](#)

[25. ДДВФ \(дихлорфос\) как токсикант окружающей среды](#)

[26. Проблема токсичных продуктов метаболизма](#)

[27. История с полибромированными дифенилами \(ПБД\)](#)

[28. Мышь как токсикант окружающей среды](#)

[29. Свинец как токсикант окружающей среды](#)

[30. Этилированный бензин и пищевые цепи](#)

[31. Кадмий как токсикант окружающей среды](#)

[32. Цинк как токсикант окружающей среды](#)

[33. Винилхлорид как токсикант окружающей среды](#)

[34. Фтор как токсикант окружающей среды](#)

[35. CO и CO<sub>2</sub> в воздухе](#)

[36. SO<sub>2</sub> в воздухе](#)

[37. Прочие аспекты загрязнения воздуха](#)

[38. Фунгициды как токсиканты окружающей среды](#)

[39. Гербициды](#)

[40. Нарушение окружающей среды гербицидами](#)

[41. Поверхностно-активные вещества и окружающая природная среда](#)

[42. Канцерогены в пищевых цепях](#)

[43. Лекарственные вещества в пищевых цепях](#)

[44. Удобрения и окружающая среда](#)

[45. Добавки к пищевым продуктам](#)

[46. Биологически активные вещества упаковочных материалов](#)

[47. Другие яды в пище](#)

[48. Пластмассы в отделке квартир](#)

[49. «Электрическое загрязнение» окружающей среды](#)

[50. Радиоактивные изотопы](#)

[51. Периоды полураспада](#)

[52. Взаимодействие биоцидных агентов](#)

[53. Проблемы острой и хронической токсичности](#)

[54. Опасность сенсibilизации организма](#)

[55. Роль поведения хищника в передаче токсиканта по пищевой цепи](#)

[56. Восприимчивость птиц к «факторам беспокойства»](#)

[57. Значение методов анализа](#)

[58. Индикаторы загрязнения среды](#)

[59. Проблемы проверки лекарственных средств](#)

[60. Сомнительность «величин толерантности» \(допустимых, предельных, или пороговых уровней\)](#)

[61. О так называемой «нулевой толерантности»](#)

[62. Проблема сроков выдержки](#)

[63. Проблематика охраны труда](#)

[64. Роль технологии при использовании пестицидов](#)

[65. Несчастные случаи и выяснение их причин](#)

[66. История с саранчой](#)

[67. Различия в размерах опасности](#)

[68. Можно ли изменить технологию?](#)

[69. Оздоровление окружающей природной среды после ограничения применения биоцидов](#)

[70. Проблема воды](#)

[71. Загрязнение нефтью](#)

[72. Прочие токсиканты окружающей природной среды](#)

[73. Другие проблемы охраны окружающей среды](#)

[74. Перспективы создания лучших инсектицидов](#)

[75. Биологические методы борьбы и их перспективы](#)

[76. История с морской звездой акантастер](#)

[77. Большие города как убежища от токсикантов](#)

[78. Эволюционные аспекты действия биоцидов в пищевых цепях](#)

[79. История с препаратом «кепон»](#)

[80. Общественно-политическое значение проблемы](#)

## [81. Ответственность биологов](#)

## [82. Тезисы](#)

## [83. Эпилог](#)

Аллегорическое послесловие Иоганна Вольфганга Гёте (с небольшими сокращениями)

Литература

Предметный указатель

Указатель латинских названий

Оглавление

### **Текст издания:**

Wolfdietrich Eichler. Gift in Unserer Nahrung. Die Brisanz der Umweltgifte in Nahrungsketten Ausgewählte Aspekte, Fakten und Argumente Mit einem allegorischen Nachwort von Johann Wolfgang von Goethe. Kilda-Verlag, 1982.

Вольфдитрих Эйхлер. Яды в нашей пище. Взрывная волна токсикантов окружающей среды в пищевых цепях: избранные аспекты, факты и аргументы (с аллегорическим послесловием из Иоганна Вольфганга Гёте).

Перевод с немецкого Г.И. Лойдиной и В.А. Турчаниновой под редакцией д-ра биол. наук Б.Р. Стригановой. Москва «Мир» 1985.

---

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## Предисловие редактора перевода

Яд в нашей пище... Эти слова звучат как предостережение и как призыв о помощи. Популярная книга Вольфдитриха Эйхлера предназначена для самого широкого читателя и посвящена одной из острых проблем современности – загрязнению природной среды и пищевых продуктов токсичными веществами (тяжелыми металлами, хлор- и фосфорорганическими соединениями и др.). Их источники – промышленные отходы, а также пестициды, применяемые в сельском хозяйстве. Многие из этих соединений очень устойчивы или же могут превращаться в устойчивые токсичные формы. Накопление их в организме приводит к отравлению, возникновению тяжелых заболеваний, представляет опасность для человека.

В книге В. Эйхлера имеется подзаголовок «Взрывная волна токсикантов окружающей среды в пищевых цепях». Автор на многочисленных примерах показывает, какими сложными и подчас окольными путями попадают вредные вещества в пищу человека. Промышленные отходы и другие загрязнители среды могут широко распространяться в воздухе и в воде. Токсичные соединения накапливаются в водоемах, в почве – иногда в местах, далеких от источников загрязнения. Вместе с водой они попадают прежде всего в растения (в водоемах – и в фитопланктон) и по пищевым цепям передаются растительноядным животным, а от них хищникам. (Пример водной пищевой цепи: фитопланктон – зоопланктон – планктоноядные рыбы – хищные рыбы – рыбаедные птицы; примеры наземных цепей: растения – насекомые – насекомоядные птицы – хищные птицы; растения – растительноядные животные – хищники.) Человек может включаться в эти цепи питания практически на любом уровне. В его организм токсичные соединения попадают вместе с сельскохозяйственными продуктами и дарами природы, используемыми в пищу (грибы, ягоды, дичь, рыба и пр.). Результатом накопления токсикантов в организме животных и человека являются нарушения работы разных систем органов, иногда даже появление уродливого и нежизнеспособного потомства или полное бесплодие. В книге все эти страшные последствия загрязнения среды и отравления кормовых объектов и продуктов питания показаны на конкретных примерах.

Наибольшая опасность биологически активных веществ, загрязняющих среду обитания человека, состоит в том, что нередко масштабы их вредности нельзя предвидеть, и их непосредственное воздействие на живые организмы гораздо безобиднее, чем отдаленные последствия интоксикации. Уже в 60-х – 70-х годах загрязнение почвы и воды тяжелыми металлами и хлорорганическими соединениями привело к резкому снижению численности и исчезновению ряда видов животных. В некоторых загрязненных районах океана отмечено существенное снижение продукции морского планктона, исчезновение крабов и креветок. Описаны случаи стерилизации рыб ДДТ. Среди птиц уже к началу 70-х годов от загрязнений особенно сильно пострадали такие виды, как черный пеликан, сокол-сапсан, белоголовый орлан, фазаны и др., о чем неоднократно упоминали в литературе. Снижение видового разнообразия животных и растений вызывает серьезную озабоченность ученых и широкой общественности. Это может привести в дальнейшем к катастрофическим последствиям – нарушению природного равновесия, истощению биологических ресурсов, ухудшению условий жизни на Земле.

В последние десятилетия вопросы охраны природных ресурсов широко обсуждаются на разных уровнях. На развитие исследований в этой области затрачиваются огромные средства. Сейчас уже накоплен огромный опыт в изучении поведения и токсикологии пестицидов и разных групп токсикантов из промышленных отходов. В странах с высокоразвитой промышленностью принято жесткое законодательство в отношении охраны атмосферы, гидросферы и литосферы от ядовитых индустриальных отходов. Однако в этой области имеется много нерешенных вопросов. Во-первых, мы до сих пор испытываем последствия промышленных загрязнений в прошлые годы, когда еще не принимались надлежащие меры по охране среды. Во-вторых, бурное развитие химической промышленности, химизация сельского хозяйства, применение продуктов химического синтеза в пищевой промышленности ведут к тому, что ежегодно вводятся все новые соединения. Некоторые из них оказываются токсичными, несмотря на тщательные предварительные испытания. Поэтому в последнее время активизируется разработка новых методов защиты растений и сельскохозяйственных продуктов, новых технологий уборки урожая, позволяющих снизить химическую нагрузку на природную среду и пищевые цепи, в которых участвует человек. В-третьих, в отдельных странах правовые и административные меры по охране окружающей среды различаются, так же как и регламентация допустимого уровня загрязнения продуктов питания.

Поэтому в настоящее время проблемы охраны окружающей среды от загрязнений и связанное с этим будущее человечества должны волновать всех людей. В предлагаемой читателям книге автор попытался продемонстрировать все разнообразие антропогенных источников загрязнения воздуха, воды и почвы. На конкретном убедительном материале показан широкий спектр токсичных веществ, описаны случаи массовых отравлений людей и гибели животных от загрязнений. В. Эйхлер использовал

результаты собственных наблюдений и экспериментальных исследований, очень многочисленные литературные источники – от серьезных научных изданий до газетной хроники, а также сведения, полученные им из личных бесед со специалистами по рассматриваемым вопросам.

В некоторых разделах изложение грешит несколько поверхностной подачей материала, отсутствием серьезного анализа специфических воздействий отдельных групп токсикантов. Автор иногда слишком увлекается описанием сенсационных сообщений (например, Минаматская история), не подчеркивая при этом, что такие катастрофы – исключительные ситуации, возбуждающие волнение мировой общественности и влекущие чрезвычайные правительственные меры и изменения законодательства с целью предотвратить возможность повторения подобных бедствий.

Список цитируемых источников в конце книги обширен, но он не составляет и сотой доли огромной специальной литературы по экологии загрязнений, токсикологии биологически активных веществ, технологии очистки воздуха и воды от промышленных отходов и пр. Практически не отражены и работы советских ученых по этому кругу проблем, а также опыт нашей страны в области охраны природы и гигиены продуктов питания. Поэтому следует напомнить, что в СССР уже вскоре после окончания Великой Отечественной войны началась работа по обеспечению чистоты окружающей среды: в 1949 г. Совет Министров СССР принял постановление «О мерах борьбы с загрязнениями атмосферного воздуха и об улучшении санитарно-гигиенических условий населенных мест». В Конституции СССР имеется специальный пункт (статья 18) об охране природы. В 1978 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов». Указами Верховного Совета СССР в 1979...1980 гг. были внесены изменения и дополнения в Основы законодательства Союза ССР и Союзных Республик о недрах, водного и земельного законодательства, предусматривающие меры по охране невозобновимых ресурсов от загрязнений. В 1980 г. издан специальный указ «Об усилении ответственности за загрязнение моря веществами, вредными для здоровья людей или для живых ресурсов моря» и принят закон «Об охране и использовании животного мира».

В. Эйхлер специально оговаривает, что большая часть фактического материала выбрана им из практики капиталистических стран. Законы конкуренции заставляют предпринимателей любыми способами снижать себестоимость производимой продукции, экономить на очистных сооружениях, обходя законы об охране среды. Борьба за прибыли приводит иногда к безответственным акциям, результатами которых оказываются случаи массовых заболеваний людей. В социалистических странах при плановом развитии экономики возможна разработка единой стратегии в деле

рационального использования природных ресурсов и охраны здоровья человека, что успешно осуществляется в рамках содружества стран СЭВ.

Данное популярное издание, пожалуй, не представляет специального интереса для профессиональных работников в области изучения загрязнений среды и охраны природы, так как в книге излагаются в общей форме известные уже сведения. Но для тех, кто не знаком со специальной литературой, книга раскрывает много интересных фактов, заставляющих задуматься об ответственности каждого человека за чистоту и благополучие окружающего мира. Яды в нашей пище!.. Уже одно название звучит как призыв ко всем людям контролировать свои действия на производстве, в домашней работе, во время отдыха на лоне природы, чтобы не нанести ущерба окружающей среде, не нарушить природное равновесие бездумными поступками. Взволнованный стиль книги, глубокая озабоченность автора судьбой нашей планеты, здоровьем будущих поколений не оставит никого равнодушным.

Сводка В. Эйхлера безусловно представляет вклад в дело охраны природы и, надо надеяться, найдет широкий круг читателей в нашей стране, тем более что подобные популярные обзоры раньше на русском языке не публиковались.

Настоящая книга представляет собой перевод с немецкого издания 1982 г. с многочисленными дополнениями, присланными автором специально для русского издания. Помимо самого текста расширен список литературы и добавлено много новых иллюстраций.

*Б. Стриганова*

## **Посвящение и благодарности**

Посвящается многочисленным пионерам и энтузиастам защиты окружающей среды, предупредившим человечество об опасности ее загрязнения, из которых должны быть особо упомянуты

Рэчел Карсон  
Рейнгард Демолль  
Бернгард Гржимек  
Альф Г. Йонельс  
Бодо Манштеин  
Валентин Распутин  
Пекка Нуортева  
Альберт Швейцер  
Вернер Титель  
Дзун Уи

**Рэчел Карсон** (Rachel Carson) своей книгой «Безмолвная весна» потрясающим образом предостерегала от опасностей отравления природы ядохимикатами, используемыми для защиты растений, и тем самым положила начало пересмотру отношения к ДДТ и другим инсектицидам. Фриц Штейнигер считал, что Рэчел Карсон за одно указание на опасность ДДТ уже заслуживает присуждения ей Нобелевской премии, так же как и Пауль Герман Мюллер, получивший эту премию за синтез и исследование ДДТ. В упомянутой книге мне особенно импонирует тщательный анализ причин того, почему совершенно закономерно биологические средства борьбы с вредителями изучаются в гораздо меньшей степени, чем химические. В своей рецензии на книгу Р. Карсон «Безмолвная весна» Ан Дер Лан писал: «Вероятно, можно сказать, что книга умалчивает о положительных сторонах современной защиты растений и, напротив, выпячивает теневые стороны. Позитивные стороны известны. Но если стремиться защитить живую природу и вместе с ней человека, то этого нельзя сделать, не вскрыв негативных сторон. Только таким образом можно идти новыми путями».

**Рейнгард Демолль** (Reinhard Demoll), бывший в свое время директором Баварского биологического института и профессором Мюнхенского университета, одним из первых серьезно поставил вопрос о сохранении чистоты воды. В моей жизни роль его состояла в том, что, будучи ректором Мюнхенского университета, именно он зачислил меня на первый семестр.

Бернгард Гржимек (Berngard Grzimek) был ранее директором зоопарка во Франкфурте-на-Майне и профессором Гиссенского университета. Его историческая заслуга состоит в том, что он благодаря своей просветительской деятельности под девизом «Серенгети не должен умереть» и достойному восхищения личному вкладу в эту акцию (даже ценою жизни его сына Михаэля) сумел привлечь на свою сторону правительства африканских государств, освободившихся от колониального гнета, в деле защиты и сохранения мира африканских крупных животных. Заслуженно он был удостоен званий почетного доктора Берлинского университета им. Гумбольдта и почетного доктора Московского университета им. Ломоносова.

**Альф Г. Йонельс** (Alf G. Johnels), директор Зоологического отдела Государственного музея в Швеции, был инициатором и поборником исследования роли метилртути в биосфере этой страны. Он превосходно раскрыл прежде всего зоологические аспекты ядов окружающей среды в пищевых цепях и таким образом явился пионером комплексных исследований в этой области экологии. Когда я посетил его в Стокгольме, он рассказал мне, взяв в качестве примера производство бумажной массы о том, что обычно промышленность заявляет «нет», «иначе невозможно», когда предъявляются претензии к ее технологии, наносящей вред окружающей среде; но если твердо

настаивать на своем, то она всегда находит и «иной путь» – оказывается, экологическую вредность производства можно уменьшить.

**Бодо Манштейн** (Bodo Manstein) – доцент, врач-гинеколог из Детмольда, активно выступавший против опасности атомной смерти. Я беседовал с ним во время Международного конгресса по витальным веществам в 1968 г. в Праге, когда я возглавлял делегацию ГДР на этот конгресс, и на меня произвел глубочайшее впечатление его подлинный гуманизм, коренившийся в его призвании врача и пронизывавший все мировоззрение, – гуманизм, который сделал его борцом.

**Пекка Нуортева** (Pekka Nuorteva) – профессор охраны окружающей среды в Хельсинском университете. Его работы по экологическим аспектам ртути сильно способствовали не только изучению конкретных пищевых цепей, но и росту общественного сознания по вопросам охраны среды в Финляндии. Мои беседы с ним явились кульминацией моего лекционного турне, которое привело меня в 1968 г. в эту страну. Я обратился к нему с предложением изложить проблемы метилртути на немецком языке, что и было осуществлено в 1971 г. под моей редакцией в журнале «Naturwissenschaftliche Rundschau».

**Валентин Распутин** – современный советский писатель, один из многочисленных ревностных поклонников природы в СССР. В комментарии к одному из фильмов о природе Сибири он четко сформулировал ответственность человека перед природой: «Директор химического комбината, позволяющий выпускать в окрестные реки ядовитые промышленные стоки, такой же преступник, как и генерал, посылающий свои войска на бессмысленную и верную гибель». Он постулирует «ответственность каждого из нас» и далее говорит: «Если человек, будучи сам частью природы, изменяет природу, то он изменяет и самого себя. Уничтожая природу, он в известной степени уничтожает и себя».

**Альберт Швейцер** (Albert Schweizer) – глубоко музыкальный человек, врач госпиталя в Ламбарене, посвятил свою жизнь лечению бедных, в европейском понятии дремуче необразованных людей и стал для всего мира символом гуманистических убеждений и примером самоотверженного служения людям. С детских лет я имел представление о его личности, так как мой дед переписывался с ним по вопросам интерпретации фуг Баха.

**Вернер Титель** (Werner Titel), будучи заместителем премьер-министра ГДР, осуществил запрет на использование ДДТ в ГДР; по моему запросу дал указание начать систематическое исследование рыб Балтийского моря на содержание в них ртути; разработал Закон об использовании и охране природных ресурсов ГДР. В личной

беседе со мною выразил уверенность в том, что этот закон принесет полный успех, если удастся сделать его выполнение кровной заботой всех граждан ГДР.

**Дзун Уи** (Jun Ui) – японский инженер, который установил, что причиной «болезни Минамата» является метилртуть, и разъяснил рыбакам, что расположенная на реке Минамата химическая фабрика, выпускающая поливинилхлорид, загрязнила своими ртутьсодержащими стоками реку и обитающих в бухте рыб. Позднее он побывал в Европе и, исследовав рыб на содержание в них ртути в Италии и в Нидерландах, обнаружил сравнимые концентрации ртути.

### *Благодарность*

Я считаю необходимым еще раз выразить признательность всем, кто давал мне ценные советы при написании этой книги, помог указаниями на литературные источники или предоставил иллюстративный материал. Их имена: В.Н.Ж. Eichler, К.-D. Jager, G. Mauerberger, A. Palissa, H. Paul, H. Ruthenberg. Перечисление было бы неполным, если бы я не выразил искреннюю благодарность издательству «Кильда» за подготовку и издание моей книги и особенно г-ну Фрицу Пёлькингу за взаимопонимание.

### **Предисловие**

Охрана окружающей среды сейчас у всех на устах, однако началось это не так уж давно. Когда я в 1947 году начал высказывать сомнения в безвредности ДДТ для человека, мне ставили в упрек то, что я не могу их достаточно веско обосновать.

Тем временем буквально потоком пошли книги об охране окружающей среды, нередко правильные в принципе, но часто очень различного качества и не всегда конкретные в деталях. Во всяком случае, сейчас и эксперты по защите растений в большинстве своем, как правило, признают, что опасность отравления окружающей среды в результате прогрессирующей химизации уже едва ли поддается контролю.

В моей книге я ставлю своей целью дать лишь общий обзор токсикантов окружающей среды и не претендую на полноту изложения материала, свойственную руководствам или справочным изданиям; я исходил из стремления настойчиво – даже очень настойчиво – привлечь внимание к опасностям, которые нам угрожают, и подкреплять свои выводы фактами и логическими рассуждениями.

Что касается фактов, то я стремился приводить только достоверные данные; я, конечно, не мог все проверить сам, но пытался по крайней мере свести воедино сведения из разнообразных источников и с учетом собственного опыта и наблюдений критически

осмыслить и интерпретировать их.

Разумеется, здесь неизбежны и гипотетические построения – именно они должны послужить важным стимулом для размышлений; некоторые из бывших гипотез давно превратились в достоверные положения науки. И наконец, цепь правдоподобных косвенных доводов не утратит своей убедительности в целом только потому, что в ту или иную цифру придется внести поправку. Вполне возможно, что какие-то из приводимых мною цифр окажутся неверными. Но я считаю весьма маловероятным, чтобы какой-либо из принципиальных выводов оказался по существу неверным.

Я хотел бы, чтобы эта книга, родившаяся из моих лекций и докладов, была понятна читателю в трех аспектах: как изложение конкретного материала (который мог бы пригодиться и для справок), как реальная оценка опасностей, создаваемых токсикантами окружающей среды (с особым акцентом на раскрытие их многообразных связей и взаимозависимостей, описание которых может также служить учебным материалом), и не в последнюю очередь как предостережение всем людям и призыв спасти то, что еще можно спасти.

Характер изложения материала и его организация были сознательно задуманы мною с учетом дидактических соображений: как свидетельствует мой опыт, читатель вначале охотнее вчитывается в проблематику, а потом, когда он ознакомится, так сказать, с главным материалом, можно переходить к различным специальным аспектам. В остальном, как правило, все разделы написаны так, что они должны быть понятны читателю и каждый в отдельности.

Пусть меня не упрекают в том, что я забыл упомянуть о тех или других вещах – в некоторых случаях я сам это отлично сознаю. А может быть, я просто и не знал о чем-нибудь? Образно говоря, я ведь прежде всего хотел указать на раны, которые человек нанес сам себе (и продолжает наносить). Упрек в агрессивности в некоторых местах книги я охотно принимаю; ситуация заслуживает именно этого.

Я мог бы в какой-то степени сослаться в свое оправдание на слова Реймера Люста (Lüst), президента Общества имени Макса Планка: «Прогрессом мысли мы обязаны тем ученым, которые смело вступали на нетвердую почву. Эти шаги в неведомое должны постоянно повторяться и в будущем, иначе наука зачахнет» (Naturwissenschaften, 68 (8), A8).

Если я в чем-то и должен упрекнуть себя как автора книги, то, может быть, в том, что я не проанализировал детально сочинение Зимона (Simon, 1981). Этот автор ставит под сомнение почти все, чего мы так опасаемся в связи с изменением окружающей нас

среды. Конечно, Зимон прав, что не все угрозы, которые нас страшат, достоверны и что нам пока еще живется вполне сносно. Но я должен сказать, что его сочинение в розовых тонах я прочел уже после того, как закончил свою книгу; и если Зимон настолько прав, то как же еще два десятка лет назад известный сенатор США Генри Джексон мог сделать следующее заявление (цит. по Lieske, 1980): «США заплатили за свое богатство высокую цену... в форме загрязненных рек, пропитанного смогом воздуха, смешанного с ядовитыми газами, утраты ряда видов животных. Ландшафт изрезан дорогами... Еще при жизни нашего поколения может наступить катастрофа окружающей среды, способная лишить всякого смысла наше благополучие!»

Мне остается исполнить приятный долг – выразить благодарность моему коллеге г-ну Э. Шимичеку (Вена) за оживленные дискуссии по данному кругу вопросов и за поддержку моего желания написать эту книгу и опубликовать ее в издательстве «Кильда» (ФРГ). Соглашаясь с ним, я могу признаться в том, что моя книга должна довести до всеобщего сведения ряд устрашающих фактов и показать все многообразие проблем: она должна потрясти читателя, но отнюдь не обескуражить его.

Наконец, мне особенно приятно заверить тайного советника Иоганна Вольфганга Гете в своей признательности за то, что он написал такое подходящее послесловие для моей книги. Как и во многом другом, он здесь далеко опередил свое время.

Витте / Хиддензе, 31 июля 1982 г.

*Вольфдитрих Эйхлер*

# Яды в нашей пище

**Вольфдитрих Эйхлер**

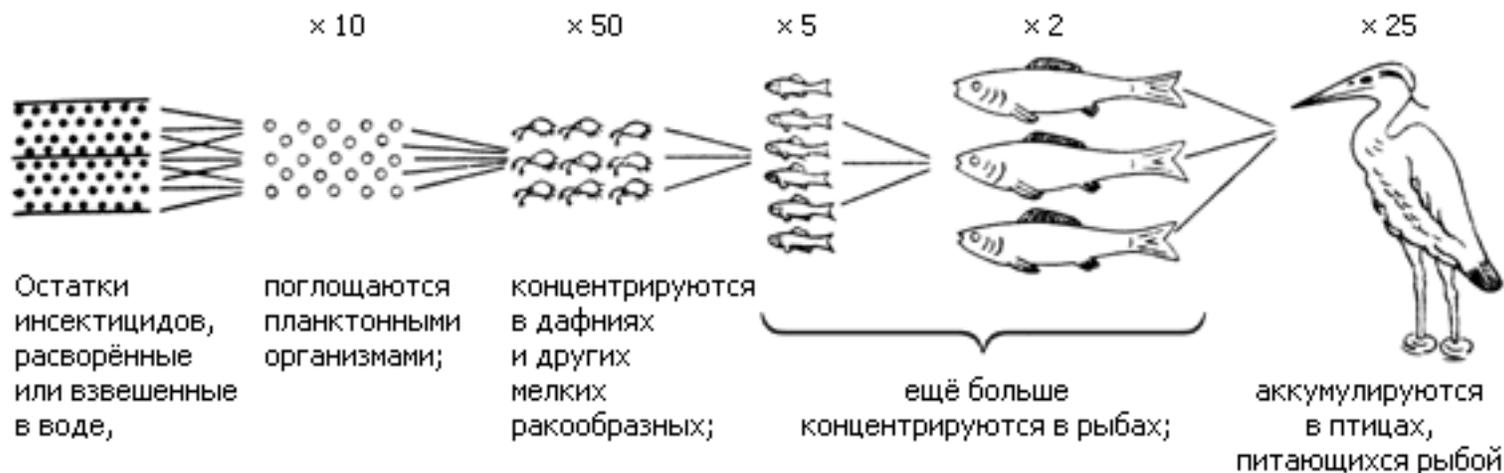
## 1. Введение

В предлагаемой книге отобрано множество фактов, а также цифровых данных. В основу положен материал, который я подбирал в течение многих лет и использовал в лекциях, читанных мною несколько лет назад в Университете им. Гумбольдта. Источником этого материала служит цитируемая литература. Как правило, однако, в каждом конкретном случае не приводится соответствующий источник данных: отчасти в этом повинен сам способ накопления моего материала (пробелы в точных ссылках редко удается восполнить позже), отчасти же так в известном смысле и было задумано. Целью моей работы было не составление систематической сводки полученных сведений, а в первую очередь изложение фактической ситуации, которая создалась сейчас в связи с распространением токсичных веществ в окружающей среде и их ролью в природе: нужно было прежде всего выявить следствия, которые, видимо, придется принять в качестве конечных выводов. Поэтому я хотел, излагая накопленные сведения из весьма специальной области современных природоохранных исследований, а именно области пищевых цепей, привлечь внимание к особому направлению, которым часто очень пренебрегают – во всяком случае, его значение еще не осознано специалистами по охране окружающей среды в той степени, в какой оно того заслуживает.

Если в связи с этим я особенно часто упоминаю ртуть и без конца возвращаюсь к пищевой цепи ртути\*, то причина этого, с одной стороны, в том, что я сам очень хорошо знаком с этим комплексом (во время своих поездок по Швеции и Финляндии я имел возможность тщательно в нем разобраться), а с другой – в том, что именно цепь ртути представляет собой, пожалуй, наиболее изученную пищевую цепь биоцида и потому может служить в данной области как бы моделью. Это и модель, и в то же время сигнал тревоги! И те выводы, к которым я прихожу, основываясь на изучении пищевой цепи

---

\* Т.е. пищевой цепи, по которой ртуть передается и в которой концентрируется. – *Прим. ред.*



**Рис. 1.** Накопление инсектицидов в пищевых цепях (Eichler, 1969)

ртути, было бы недальновидно относить только к одной этой цепи; они также служат и предостережением, наглядно показывая, каким процессам мы будем способствовать, если нам не удастся взять под контроль дальнейшее внесение пестицидов в окружающую среду.

Вопросы радиоактивности я затрагиваю лишь попутно. За это меня не раз критиковали при обсуждении замысла этой книги. Но, во-первых, у меня нет большого личного опыта в области радиоактивных веществ и ядерной энергии; во-вторых, главная опасность таких веществ для человека состоит не в том, что они могут циркулировать в пищевых цепях (впрочем, если подобный случай становился мне близко известен, то я обязательно упоминал о нем; при этом всегда обнаруживалось большое сходство с поведением изученных мною биоцидов). Наконец, я считал необходимым согласовать свои взгляды по этим вопросам с представлениями Мура (Moore), который полагал, что воздействие пестицидов через пищевые цепи представляет для человечества гораздо большую опасность, чем радиоактивность от атомных электростанций и другие возможности утечки радиоактивных изотопов – не из-за того, что изотопы будто бы вообще более безобидны, чем биоциды, а потому, что опасность радиоактивных изотопов для человека в целом распознана, общепризнана и вследствие этого широко известна, в то время как токсичность пестицидов общеизвестна далеко не в полном объеме; это увеличивает опасность, и потому ее необходимо особо подчеркивать. Даже беглое знакомство с современными техническими приемами защиты растений подтверждает правильность такого предостережения!

Что касается того, всегда ли обоснованы мои заключения о выявленных мною цепях опасности, то здесь за основу своих рассуждений мне опять-таки хотелось бы принять следующий ход мыслей Мура: после тщательного изучения известных данных мы приходим к убеждению, что многие виды птиц уже вымерли или им грозит вымирание и

что в этом повинны биоциды в пищевых связях; вероятно, ни в одном случае нет абсолютно бесспорного доказательства верности наших предположений; но если бы мы стали ждать, пока эти доказательства будут представлены отдельно в каждом конкретном случае, то тем временем наверняка вымерли бы и последние из тех видов, которые пока только находятся под угрозой!

Эммель (Emmel) еще в 1945 г. продемонстрировал гонадотропное действие ДДТ, а Эйхлер и Франке (Eichler, Franke, 1954c, 1956d) показали, что ДДТ (совместно с гексахлораном) может вызывать тяжелые повреждения внутренних органов, но у свиней при этом не наблюдается явных внешних изменений. С тех пор прошло немало времени, и теперь мы знаем намного больше о так называемой «субтоксичности», о которой говорится в сводке Принцингера и Принцингера (Prinzinger, Prinzinger, 1980). В этом обзоре, в частности, упоминается о том, что египетским горлицам (*Streptopelia risoria*), обработанным 1,1-дихлор-2,2-бис-(*n*-хлорфенил)-этиленом (главный продукт обмена ДДТ), потребовалось в два с половиной раза больше времени для того, чтобы приступить к повторной кладке яиц (а многие из них вообще не приступили к новой кладке); мы приводим этот факт в качестве примера, отобранного из числа многих других, для того чтобы показать, что существуют очевидные субвоздействия малых количеств инсектицидов, причем вовсе не обязательно, чтобы у пораженных животных отмечались явные признаки «отравления».

В ряде случаев рисунки вместе с пояснительными подписями вносят новую информацию, дополняющую текст (в самом тексте ее может не быть).

## 2. Определение и классификация токсикантов окружающей среды

В настоящее время под токсикантами окружающей среды понимают такие вредные вещества, которые распространяются в окружающей нас среде далеко за пределы своего первоначального местонахождения и в связи с этим оказывают более или менее скрытое вредное воздействие на животных или растения, а в ряде случаев и на человека. Это могут быть природные ядовитые вещества, например те, что рассеиваются по Земле в результате выделения газов вулканами (в частности, при извержениях), однако подлинные токсиканты – это, как правило, те ядовитые вещества, которые сам человек неосмотрительно включает в круговорот природы.

Биологически активные вещества, содержащиеся в полезных ископаемых, ядовитых растениях и медикаментах, не являются токсикантами среды до тех пор, пока они не будут «привнесены обратно» в качестве пестицидов или не попадут в виде устойчивых остаточных соединений в сточные воды и не станут причиной беды. Например, нефть лишь тогда становится токсикантом, когда терпит аварию какой-нибудь танкер и вся масса вытекшей нефти поступает в пищевые цепи морских животных. Но и это

приобрело экологическое значение лишь тогда, когда подобные случаи участились; то же самое относится к практиковавшемуся ранее регулярному выпуску в воду машинного масла.

Случайно опрокинутая канистра с бензином еще не будет источником токсикантов; другое дело – многочисленные автомашины с их выхлопными газами. Человек, курящий сигарету, еще не выпускает токсикантов в окружающую среду в собственном смысле слова (они задерживаются занавесями); но совсем другое дело – заводские трубы.

Основное ядро токсикантов окружающей среды составляют пестициды; это собирательное название охватывает все средства борьбы с вредными организмами. Понятие «биоцид» часто распространяется на те же самые биологически активные вещества, если они попадают из промышленных сточных вод в биологический круговорот (и, в частности, таким же образом продвигаются вверх по пищевым цепям). Синильная кислота является инсектицидом, а потому также и биоцидом; но она настолько быстро улетучивается, что ее нельзя включить в разряд токсикантов окружающей среды.

Радиоактивные изотопы обычно не относят к токсичным компонентам окружающей среды. Их выделяют в особую самостоятельную категорию.

### 3. Токсиканты и «осознание окружающей среды»

Нередко можно столкнуться с убеждением, что прежде не было загрязнения окружающей среды или что прежде будто бы «нередко еще полностью отсутствовал какой-либо интерес к этим вопросам» [см. об этом у Рюдта (Rüdt)]. С этим я не могу согласиться, во всяком случае это не относится к философам и биологам (могу сослаться на Энгельса и Демолля). В том, что ученые бывают услышаны немногими, нет ничего нового и потому ничего необычного. Однако в последние годы загрязнение среды возрастает в пугающих масштабах. К счастью, растет и число тех, кого это тревожит. Значит, действительно возникло нечто вроде «осознания окружающей среды» (Umweltbewußtsein; выражение Рюдта); этот термин сам по себе неудачен, но он еще к тому же способствует весьма распространенному неправильному применению термина «окружающая среда»; ведь подразумевается осознание опасности, угрожающей нашей среде в результате ее загрязнения, а это загрязнение в значительной части происходит именно за счет токсичных веществ.

**Рис. 2\***. Все дело в том, какую позицию занять: каждый видит преимущества и недостатки использования пестицидов по-своему. Крестьянин склонен видеть почти одни только преимущества; эколог замечает почти одни только недостатки. Автор книги считает себя экологом, и именно поэтому

он написал данную книгу. Рисунок взят из американского дискуссионного сообщения по проблеме пестицидов

---

\* Отсутствующие рисунки вы можете найти в [пакете FineReader](#) (16,4 Мб).

Понятие о токсикантах окружающей среды сливается у населения с так называемым «осознанием окружающей среды» в той мере, в какой широко известна опасность попадания остатков пестицидов в пищевые продукты растительного происхождения. Так это проявляется, например, в вопросе моей сестры в овощной лавке: «Эти лимоны опрыскивались?» (на что продавщица обычно отвечает: «Это единственное, что не опрыскивается»); или в том, что покупатель выбирает на рынке те корни моркови, на которых видны хотя бы следы того, что их грызли личинки. Это мне нравится: я тоже радуюсь, когда вижу нескольких (немногих) тлей в головке цветной капусты – ведь это значит, что головка не может быть сплошь пропитана ядом.

Однако самое дьявольское кроется в деталях, и как раз о коварстве пищевых цепей, и в частности о микротоксичности пищи при ее постоянном потреблении, известно значительно меньше. Поэтому главной целью моей книги будет подробное освещение этих аспектов.

Недавно один из ведущих современных исследователей в области экологии К. Лос (Lohs) в остроумной статье «Химия и окружающая среда» всесторонне осветил и метко охарактеризовал основы проблематики, которую также разрабатываю и я. Не вдаваясь более подробно в его высказывания, я привожу из них следующие отрывки, которые раскрывают и демонстрируют каждому серьезность ситуации и в то же время призывают трезво учитывать все взаимосвязи (курсив в конце мой):

Современные люди очень легко идут на риск, иначе

- 1) как бы они решались, невзирая на многие тысячи погибших в транспортных катастрофах, и в дальнейшем доверяться современной транспортной системе;
- 2) как бы они решались увеличивать путем курения сигарет собственные шансы заболеть раком легких с 5 до 90%;
- 3) как бы они решались спокойно спать, прекрасно зная, что каждый житель этой планеты сидит на ядерном заряде, эквивалентном 15 тоннам взрывчатого вещества тринитротолуола?

Однако стоит только разговору зайти о химии, как те же самые люди делают вид, что абсолютно непричастны к злу, которое творится в окружающей среде, и затем с полным безразличием обсуждают вопрос о том, будет ли человечество смертельно отравлено «химией» уже в ближайшем будущем или же только в следующем поколении...

Когда-то Вольтер выразил свое отношение к современной ему медицине в следующем саркастическом замечании:

«Врачи прописывают лекарства, о которых они мало что знают, от болезней, в которых они разбираются еще хуже, и пичкают ими людей, о которых им вообще ничего не известно».

*Хотя в наши дни положение уже не совсем таково, как во времена Вольтера, внесение химикатов в нашу «персональную окружающую среду», пожалуй, позволяет этому изречению еще сохранить известную актуальность.*

#### 4. Продовольственные ресурсы мира и защита растений

Без защиты растений (основанной главным образом на применении пестицидов) мировой урожай составлял бы лишь 70% того, что мы получаем в действительности.

Это утверждение зачастую, не задумываясь, приводят в оправдание любого применения средств защиты растений. Однако при этом игнорируются три решающих соображения:

1. Это утверждение не содержит никаких данных относительно того, на сколько процентов снизился бы урожай, если бы вместо ныне применяемых инсектицидов, нередко чрезвычайно опасных, применялись другие средства или способы (и вообще обязательно ли это привело бы к снижению урожая). Установлено, что во многих случаях при использовании других средств или способов может быть достигнута такая же продуктивность растений. Там, где этот путь дороже, следовало бы честно сознаться в том, что «при помощи яда выращивать продукцию дешевле», а не внушать, что «без яда мы больше не можем выращивать урожай».
2. Если для многих местностей в теплых странах следует без спора признать, что без мер по защите растений там пришлось бы смириться с большими потерями урожая, то это совершенно не относится к Средней Европе. Когда у нас выдвигают такой аргумент, что «иначе мы должны были бы умереть с голоду», то это просто демагогия. Установлено, что возможности проведения многих мероприятий, направленных на повышение урожая и сохранение сельскохозяйственной продукции, еще далеко не исчерпаны. Здесь, безусловно, следовало бы проявить немного больше чувства ответственности.
3. Ни одного мгновения никто не думает о качестве пищи. Теперь уже установлено, что многие сельскохозяйственные продукты, массовым производством которых мы так гордимся, имеют качественные изъяны, обусловленные как раз именно этим способом их получения. Однако в питании человека качество нельзя подменить количеством.

Эти положения приобретут еще больший вес, если мы подумаем о развитии современного плодоводства.

Для литературы по защите растений, полемизирующей с требованиями охраны природной среды, характерна ссылка на то, что современное интенсивное сельское хозяйство якобы больше уже немыслимо без применения химикатов (минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста). А в подтверждение этого приводятся (см., например, Zinke, 1978) цифровые данные о потреблении химикатов. Эти данные призваны произвести на некритически мыслящего читателя такое впечатление, что будто бы они и в самом деле доказывают необходимость соответствующих количеств. Между тем они всего только характеризуют повседневную практику, и вряд ли кто-нибудь возьмет на себя труд проанализировать эти статистические данные о применении химикатов с целью показать, какие количества были необходимы на самом деле.

В действительности индустриальным странам сейчас не только не угрожает голод, но, наоборот, они очень надежно обеспечены продовольствием. Среднестатистический житель Средней Европы потребляет примерно в 10 раз больше мяса, чем это было бы необходимо по нормам ФАО для покрытия его общей потребности в белке. На пищевые средства, которые таким образом используются для удовлетворения потребности в мясе у одного европейца, в развивающихся странах могли бы прожить 70 человек. В западных и восточных промышленных странах ежегодно используется в качестве корма 371 млн тонн зерна. Это больше того количества зерна, которое потребляет все население развивающихся стран (исключая Китай). По подсчетам ФАО, для того чтобы удовлетворить пищевые потребности 400 миллионов людей, сильно страдающих от недоедания, нужно всего лишь 12 млн тонн зерна.

Если бы все люди на Земле потребляли столько же, сколько потребляет среднестатистический американец, то запасов всего мира хватило бы примерно только для двух миллиардов человек, т.е. Земля уже сегодня была бы перенаселена вдвое. Каждый новорожденный североамериканец создает такую же нагрузку на окружающую среду, как 60 новорожденных в Индии.

Гражданин США потребляет, как известно, вдвое больше энергии, чем немец, и втрое больше, чем австриец, в 60 раз больше, чем индиец, в 160 раз больше, чем танзаниец, и в 1100 раз больше, чем житель Руанды в Восточной Африке. Американцы, которые составляют 6% всего населения Земли, потребляют больше энергии, чем две трети человечества – жители развивающихся стран.

## **5. Тропические болезни и борьба с вредными насекомыми**

Еще в 1948 г. в Индии умерло от малярии 3 млн человек, а в 1965 г. – ни одного. В Греции

в 1938 г. был миллион больных малярией, в 1959 г. – всего лишь 1200. Это результаты успешной борьбы с вредными насекомыми, в данном случае при помощи ДДТ.

Когда оказывается, что целенаправленные мероприятия по борьбе с вредными насекомыми позволяют защитить человеческие жизни от тропических эпидемий, тогда, собственно, уже не требуется никаких дальнейших размышлений о том, что предпринять. При всем предубеждении, которое я питаю к инсектицидам, и при всем недоверии к тому аргументу, что без них мы, дескать, должны будем погибнуть от голода, я всегда оправдывал их применение для спасения человеческих жизней. Но и здесь необходимо различать чрезвычайные «противопожарные» меры и долгосрочное планирование: во втором случае может оказаться небезразличным, какие методы и средства будут употреблены.

Разумеется, здесь нужно поразмыслить над тем, следует ли нам и впредь применять ДДТ. Казалось бы, учитывая повышенную опасность ДДТ, нужно отдавать предпочтение другим средствам. Однако эти последние гораздо дороже: именно по этой причине даже Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует ряду стран дальнейшее применение ДДТ. В настоящее время некоторые из развивающихся стран так бедны, что они, возможно, вообще отказались бы от всякой борьбы с эпидемиями, если бы их лишили возможности применять ДДТ.

Следует к тому же заметить, что количества инсектицидов, используемые ради охраны здоровья, невелики по сравнению с теми, которые расходуются для защиты растений. Еще и по этой причине здесь возникает меньше опасений.

И если в последние годы во многих местах малярия вновь «на коне», то это ничего не меняет в приведенной выше статистике. Причины здесь многообразны. Нередко малярийные комары становятся резистентными к инсектицидам, иногда изменяется их поведение, а подчас просто ослабевают активные власти в борьбе с комарами. Кроме того, во многих местах плазмодии приобрели устойчивость к лечебным препаратам – фактор, который уже не относится к теме нашей книги.

Точно так же здесь будет всего лишь упомянуто, что некоторые эксперты сейчас уже думают о том, следует ли и дальше придерживаться прежнего пути борьбы с малярией. Во многих эндемичных малярийных областях население было невосприимчивым, но такой иммунитет к инфекции утрачивается при интенсивной борьбе с малярией, и теперь жители оказываются беспомощными перед любой вспышкой этой болезни; возможно даже, что сейчас умирает больше людей, чем прежде. Что же в таком случае более гуманно? Очевидно, следует реалистично смотреть на вещи.

До сих пор малярия, пожалуй, все еще остается самым важным тропическим заболеванием человека и больше всех других подходит в качестве примера при обсуждении общих вопросов применения инсектицидов. Конечно, существует и масса других тропических болезней и со многими из них – точнее с их переносчиками – тоже удастся справиться при помощи инсектицидов. Я, однако, осуждаю ту беспечность, с которой отдаются распоряжения об обработке определенных участков тем или иным инсектицидом, – они едва ли бывают лучше продуманы, чем, скажем, меры по регулированию уличного движения.

## 6. Эпизоотии и борьба с вредными насекомыми

Если вспомнить, что отсталость Черной Африки многие африканисты и историки склонны относить на счет мухи цеце, которая, будучи переносчиком болезни «нагана», препятствовала развитию скотоводства, то вполне можно подумать, что именно успешная борьба с мухой цеце при помощи инсектицидов разрешила проблему нищеты во многих районах Африки.

Однако практика последнего времени свидетельствует о другом. При помощи новейших инсектицидов и современной техники их применения от мухи цеце сейчас избавлены большие территории. Это было с успехом достигнуто в зоне сахеля, способствовало увеличению поголовья скота... и в результате привело к перетравливанию скотом скудных саванн; а затем, когда наступила засуха, ее жертвой пали сотни тысяч голов крупного рогатого скота, да и сами жители умирали с голоду тысячами.

Экологи рассматривают подобные события как нарушение природного равновесия, которое, по-видимому, невозможно затронуть безнаказанно. Это верно, но в то же время знать только это еще недостаточно. Ведь человек изменяет мир, он будет делать это всегда, и каждое изменение – это, конечно, вмешательство в существовавшее до сих пор экологическое равновесие. Ошибка заключена в подходе: не следует забывать об основном принципе работы в развивающихся странах – о том, что каждое мероприятие не должно рассматриваться само по себе; сначала нужно взвесить, какие диалектические взаимодействия с ним связаны. Исследователи должны были бы прежде всего сосредоточить свои усилия на такого рода системном анализе – он сейчас важнее, чем разработка новых инсектицидов и новых технологий.

Бесславному примеру борьбы с мухой цеце в зоне сахеля можно в качестве позитивного примера противопоставить ликвидацию бычьего овода (*Hypoderma bovis*) в ГДР. Эйхлер (Eichler) разработал схему, по которой Хипе (Hiere) осуществил затем ликвидацию этого насекомого: была проведена обработка всего крупного рогатого скота инсектицидами

(производными фосфоновой кислоты) таким образом, что при этом погибли все личинки оводов, находившиеся в коже животных.

Разумеется, примененные препараты были не безвредны для молока и мяса животных; однако с помощью такой разумно организованной акции удалось уничтожить вредителей с первого же раза, и в дальнейшем повторные обработки ядохимикатами оказались излишними. Это может послужить моделью даже для массированного одноразового применения инсектицидов, которое благодаря полному успеху делает повторение подобной процедуры ненужным.

## 7. Ртуть как биоцид

Соединения ртути применяются в качестве фунгицидов (например, для протравливания посевного материала), а также используются при производстве бумажной массы и служат катализаторами при синтезе пластмасс; при этом отдельные соединения различаются по своей токсичности и устойчивости. Вместе с отходами производства ртуть в металлической или связанной форме попадает также в промышленные стоки или в воздух (а оттуда в воду).

**Рис. 3.** Птенец серого гуся, ослепший, вероятно, в результате отравления метилртутью. У таких птенцов имелись не покрытые перьями участки кожи на голове и брюшной стороне тела, а иногда и на шее. Возможно, что речь идет о генетическом повреждении – последствии сублетального отравления метилртутью серых гусей (и других птиц) в предшествующем году (фото из архива Эйхлера)

Ни один современный биоцид не изучен так хорошо, как ртуть, в отношении своей циркуляции в пищевых цепях и зависящей от нее опасности для человека и животных. Это утверждение относится прежде всего к метилртути, которая представляет собой особо эффективный фунгицид, но одновременно очень токсична для теплокровных и очень стабильна.

Из всего количества ртути, которое мы получаем с пищей, примерно половина приходится на продукты животного происхождения и одна треть – на растительную пищу. Согласно Рюдту (Rüdt), наивысшее содержание Hg, которое было установлено путем обычных анализов пищевых продуктов, составляло 1 мг/кг (в чае и подобных ему продуктах).

Всего в мире ежегодно производится 9000 тонн ртути, из них 5000 тонн впоследствии оказываются в океанах. В озере Вашингтон за последние 100 лет содержание ртути в донных осадках увеличилось в 100 раз.

Было установлено, что в США в одном озере, в которое фабрика спускала сточные воды, содержавшие связанную в форме неорганических соединений (мало токсичную) ртуть, эти ртутные соединения поглощались растениями (например, камышом), восстанавливались и затем уходили в атмосферу в виде элементарной (очень ядовитой) ртути.

**Рис. 4.** Гусь-гуменник, *Anser fabalis*, отравившийся ртутью (по-видимому, в результате поедания протравленного семенного зерна). Среди симптомов – изменение клюва (заметно даже на фото) и цвета радужной оболочки глаз (фото из архива Эйхлера)

## 8. Метилртуть в наземных пищевых цепях

Вскоре после 1940 г. в Швеции в результате проводившегося во все возрастающем масштабе протравливания зернового посевного материала метилртутьдицианамидом концентрация Hg в семенном материале достигла 15...20 мг/кг. В результате этого к началу пятидесятых годов стали выявляться большие прямые потери среди зерноядных птиц, таких как различные виды голубей, фазаны, домашние куры, серые куропатки и овсянки. Вторым звеном этой наземной пищевой цепи, загрязненной ртутью, были хищные птицы и совы, питающиеся зерноядными птицами: пустельга, ястреб, сокол-сапсан, филин. Эти виды частично также погибли или перестали размножаться. Например, пустельга в некоторых районах Швеции уже почти полностью вымерла, а поголовье соколов-сапсанов и ястребов очень заметно уменьшилось. Если в данном случае ртуть и не была единственной причиной (могли действовать и другие биоциды, а иногда в незначительной мере и некоторые экологические факторы), главную роль в этой экологической катастрофе сыграла именно ртуть.

Когда стало уже очевидно, что гибель диких птиц обусловлена ртутным отравлением, органы власти еще не были этим обеспокоены. Это произошло только тогда, когда и в куриных яйцах были найдены высокие концентрации ртутных остатков.

Эта катастрофа произошла в то время только в Швеции, где зерно протравливали именно метилртутью, в Дании же для протравливания применяли фенилртуть, а в Финляндии – алкоксиалкилат ртути. Оба эти соединения, как известно, тоже далеко не безвредны, но все же не так токсичны, как метилртуть, а главное – они быстрее метаболизируются в организме. Поэтому в двух последних странах гибели зерноядных птиц не наблюдалось, да и перья датских фазанов содержали ртути не больше, чем ста годами ранее, в то время как в перьях шведских фазанов ее количество резко возросло. Не удивительно, что в США, где, вероятно, сложилась сходная ситуация, охотники больше не поедают сами добытую ими пернатую дичь!

Описанная выше наземная пищевая цепь представляет собой пример короткозвенной цепи. В других случаях схема выглядит так: почва – растение – животное – человек.

Депонирование ртути в перьях может быть истолковано и как защита от отравления.

Эме (Oehme) сообщает о случаях отравления орланов-белохвостов, «источником которого в конечном счете – через соответствующие пищевые цепи – служит семенной материал, протравленный метилртутью» (действующее начало – N,N-бис(метил-Hg)-*n*-толуолсульфамид). При этом прежде всего отмечались очень высокие концентрации ртутных остатков в отдельных органах (в почках средние значения для сырого веса составляли около 115,5 мг/кг). Кроме того, при патологоанатомическом исследовании в различных органах было обнаружено интенсивное поверхностное отложение мочевой кислоты; в работе Эме имеется фотография подобного отложения на сердечной сумке (Oehme) – картина *pericarditis urica* (рис. 5). Приводим один из выводов этого автора: «Опасность острого и хронического отравления диких животных метилртутью ни в коей мере не связана с неправильным, не удовлетворяющим требованиям зоогигиены севом, когда значительное количество семян остается на поверхности земли, хотя последнее обстоятельство может дополнительно увеличить масштабы отравления. Согласно многократно подтвержденным сведениям... даже после протравливания и посева, проведенных в строгом соответствии с инструкцией, зерноядные виды птиц находят еще достаточное количество не прикрытого или почти не прикрытого землей зерна, для того чтобы этим можно было объяснить найденные во внутренних органах высокие концентрации Hg...».

Зайцы особенно пострадали от отравления ртутью там, где ею протравливалось посевное зерно. Объясняется это, по-видимому, тем, что зайцы охотно лакомятся проростками зерновых культур, которые (по крайней мере в первые дни) еще содержат много ртути.

**Рис. 5.** Поверхностные отложения мочевой кислоты в форме *pericarditis urica* на околосердечной сумке орлана-белохвоста – результат смертельного отравления через пищевые цепи метилртутью (орлан-белохвост питался зерноядными птицами, которые в свою очередь питались протравленными метилртутью семенами). Длина сердца 8,3 см, ширина 5,5 см (фото G. Oehme)

## 9. Метилртуть в водной пищевой цепи

Ртуть может попадать в водоемы в самых различных формах и из самых разных источников. В количественном отношении на первое место, вероятно, следует поставить сточные воды химических предприятий; однако нельзя исключить и то, что дождевая вода обмывает посевное зерно. Так как в водной среде любая форма ртути в

конечном счете преобразуется в метилртуть, в пищевые цепи вновь попадает именно это высокотоксичное и стойкое соединение.

Ртуть аккумулируют планктонные организмы (например, водоросли), которыми питаются ракообразные. Ракообразных поедают рыбы, а рыб – птицы. Концевыми звеньями пищевых цепей нередко бывают чайки, чомги, скопы, орланы-белохвосты. В Швеции содержание метилртути в организме птиц, в значительной части питающихся рыбой, приблизилось к тем уровням, при которых зерноядные наземные птицы уже погибали от действия ртути, полученной при поедании посевного зерна.

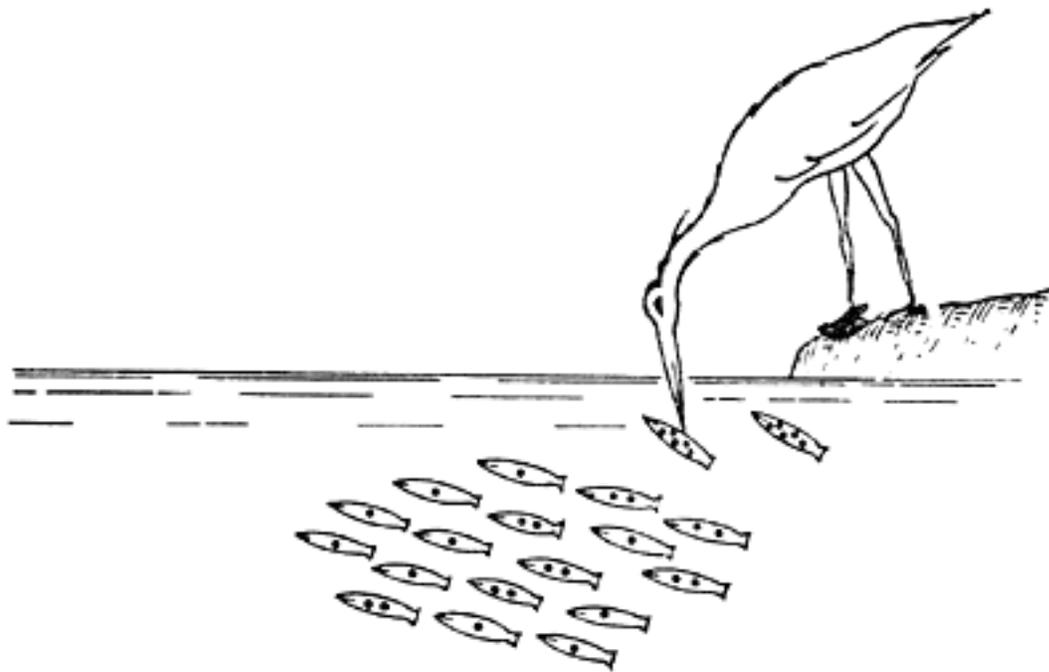
Место ракообразных в намеченной выше в общих чертах пищевой цепи могут занимать также брюхоногие или двустворчатые моллюски, а после многих рыб в качестве концевых звеньев цепи следуют хищные рыбы. Человек может включаться на любом этапе и в свою очередь тоже становиться концевым звеном; большей частью это происходит в результате потребления рыбы.

Щуки из Балтийского моря вблизи Стокгольма содержали 5,7 мг/кг Hg. Если кошек кормили мясом этих щук, то они умирали через 2...3 месяца от ртутного отравления. Окуни и угри содержали несколько меньше Hg, чем щуки. Тюлени также содержат в себе ртуть.

Для рыб летальной дозой Hg считается 20 мг/кг. За естественное содержание ртути в рыбах принимают величину 0,1 – 0,2 мг/кг. Всемирная организация здравоохранения предложила считать предельно допустимой концентрацией 1 мг/кг; эта величина, вероятно, завышена. Поэтому в Финляндии рекомендуется есть рыбу только 1...2 раза в неделю, а беременным женщинам – вовсе не употреблять ее в пищу. Шведские специалисты по гигиене продовольствия требовали снизить допустимую концентрацию Hg в рыбах из Балтийского моря до 0,5 или даже до 0,2 мг/кг, так как предел, равный 1 мг/кг, ограждает человека только от симптомов острого отравления, но не предохраняет от других тяжелых последствий поражения ртутью (например, от истощения резервов мозговых клеток и от генетических повреждений).

Разлагающиеся трупы рыб все еще могут передавать свою ртуть в пищевую цепь насекомых. Если муравьи поедают рыбу, содержащую Hg, то они сами становятся носителями ртути. Это относится и к саркосапротрофным личинкам мух, например *Protophormia terraenovae* и *Phoenicia sericata*. Правда, у них период полураспада метилртути составляет всего лишь 2 дня, так что они не передают яд откладываемым яйцам. Однако у взрослых мух *P. terraenovae*, личинки которых кормились печенью тюленя, содержащей 36 мг/кг Hg, концентрация Hg достигала 70 мг/кг; насекомые того же вида, выведшиеся на мясе щуки с 0,7 мг/кг Hg, содержали 35 мг/кг (Nuorteva, 1978,

1979). Если мух *Lucilia illustris*, получивших таким способом ртуть, поедают впоследствии жуки или другие насекомые, то происходит дальнейшая биоаккумуляция ртути: например, у мучных хрущаков *Tenebrio molitor* концентрация Hg превышала 200 мг/кг в пересчете на сухой вес, и затем они погибали при явлениях нарастающего паралича конечностей.



**Рис. 6.** Эта схема поясняет, почему рыбы, содержащие больше метилртути, имеют больше шансов стать жертвой птиц. Число черных точек соответствует количеству ртути в организме рыбы. У рыб, содержащих наибольшее количество ртути, нарушена координация движений при плавании, и они отстают от косяка. Уже одно это, не говоря о других нарушениях двигательных функций, облегчает задачу птицы

Определение остаточного количества ртути в мухах-саркосапрофагах может приобрести даже судебное значение: так, в Финляндии при обнаружении трупа неизвестной женщины, ставшей жертвой сексуального преступления, удалось, исходя из содержания Hg в мухах, выведшихся на трупе, очертить границу местности, в которой эта женщина могла ранее проживать.

В 1972 г. во всей Швеции имелось еще около 45 пар скоп, которые вырастили, однако, всего лишь 8 птенцов. В многочисленных невысиженных яйцах были найдены высокие концентрации ртути (правда, в сочетании с такими же концентрациями хлорорганических инсектицидов).

Нам известны и другие острые моменты, связанные исключительно с проблемой ртути, и можно только надеяться, чтобы это не оказались всего лишь вершины айсбергов. В целом, что касается токсикантов окружающей среды, для существующего положения

дел, пожалуй, характерен следующий пример. Италия регулярно импортирует карпов, но в один прекрасный день санитарно-гигиенической экспертизой пищевых продуктов в них было установлено чрезмерно высокое содержание ртути. Экспортер не находил слов от изумления: каким образом ртуть могла попасть в пруд с карпами? В конце концов загадка была разрешена: соседнее сельскохозяйственное предприятие после посева зерновых культур продало излишки семенного зерна рыбному хозяйству в качестве дешевого корма для рыб. Однако это зерно оказалось протравленным ртутью...

**Рис. 7.** Находка орлана-бело-хвоста, отравившегося ртутью (фото из архива Эйхлера)

**Рис. 8.** Типичный рыбачий порт в бухте Минамата (Япония), ставшей печально известной из-за катастрофы в результате отравления ртутью (фото из архива Хёрца)

В Северное море с водами Рейна ежегодно приносится из ФРГ 70 тонн соединений ртути. На мелководье у нидерландского побережья в результате отравления ртутью произошла гибель тюленей. Тюлени питались крупной рыбой, но значительную часть их корма составляли также каракатицы, в которых тоже накапливалась ртуть.

В выявлении путей миграции ртути в водной пищевой цепи и одновременно в исследовании метилртути как биоцида решающую роль сыграла так называемая минаматская катастрофа в Японии. На одной химической фабрике, расположенной у реки Минамата, применялась ртуть в качестве катализатора для получения поливинилхлорида. Японское «экономическое чудо» в значительной мере связано с полным отказом от какой бы то ни было очистки сточных вод (лишь эта минаматская катастрофа привела, наконец, к тому, что и здесь кое-что изменилось). Поэтому стоки, содержавшие ртуть, попадали в реку, а из реки – в море, в бухту около городка Минамата. Количество ртути в рыбе составляло 5 – 20 мг/кг. То, что рыбы уже не были в состоянии нормально плавать, радовало молодежь, которая могла с помощью сачка заполучить себе дешевый обед. Лишь после смерти нескольких человек из бедных рыбачьих семей (позднее число умерших превысило 200 и тысячи людей заболели) Уи (Ui) установил, что «болезнь Минамата» является ртутным отравлением, а упомянутая выше фабрика – причиной, его вызвавшей. Как и следовало ожидать, фирма отрицала какую бы то ни; было вину своей фабрики. В ответ на это рыбаки подожгли фабрику. После этого правительство запретило рыбную ловлю в бухте Минамата (доходами от которой жило все местное население); позже оно призвало население Японии вообще есть поменьше рыбы.

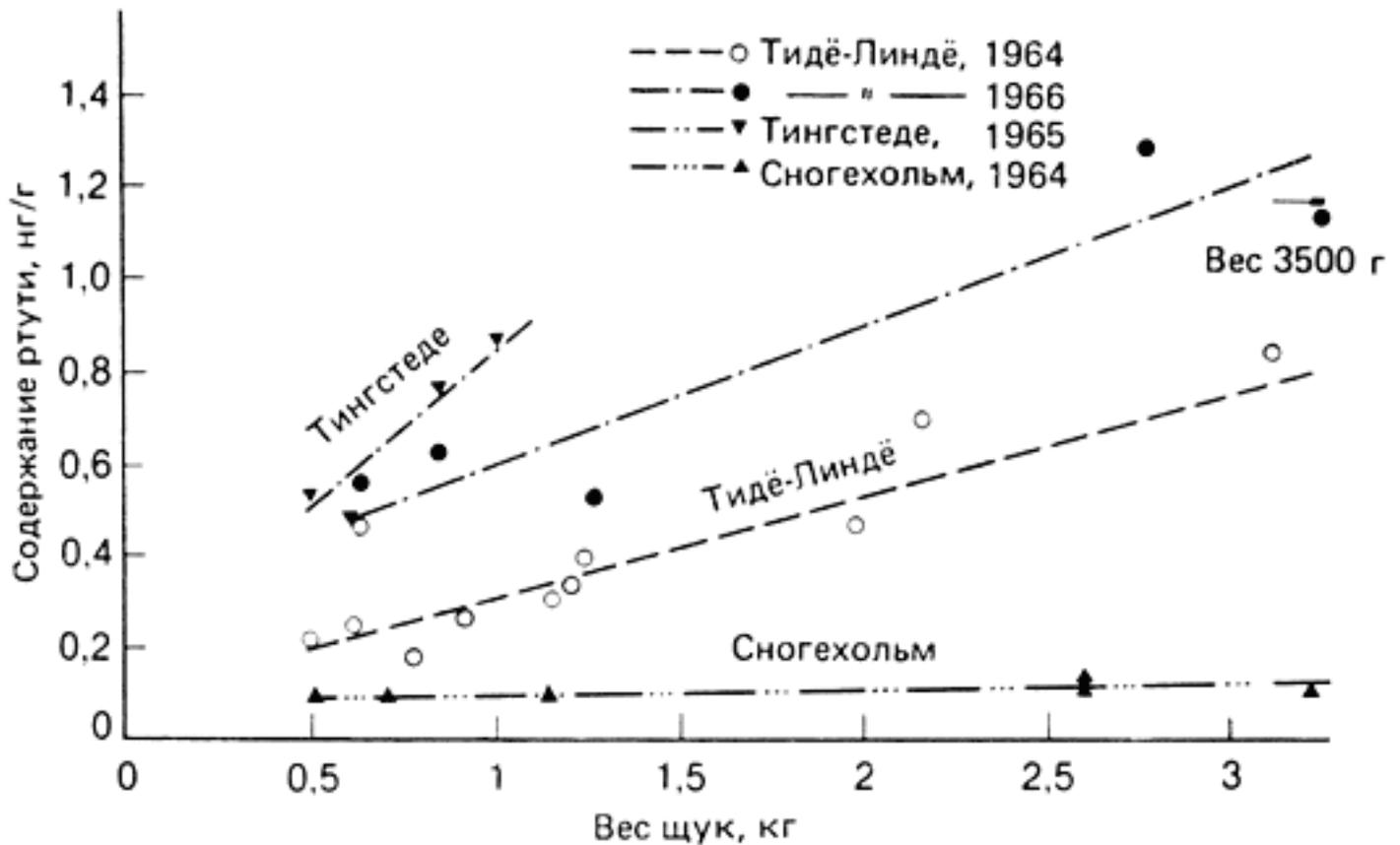
На судебном процессе, возбужденном против фирмы, доказательства, представленные Уи, оказались неопровержимыми, и фирма была вынуждена выплачивать компенсацию семьям умерших и заболевших (хотя и в очень малых, по европейским понятиям,

размерах). Фабрику закрыли. Кроме того, бухта у г. Минамата была осушена и ил (все еще содержащий ртуть) был вынут со дна.

Пастернак (Pasternak) и другие исследователи находили в водоемах Польши повышенное содержание ртути повсюду, где поблизости имелись промышленные объекты.

В водной пищевой цепи концентрация метилртути от звена к звену увеличивается. Так как метилртуть растворима в жирах, она легко переходит из воды в водные организмы. При захвате мельчайших живых существ более крупными, для которых они служат пищей, это вещество сохраняется в последних. Так как у него период биологического полураспада (особенно в организмах с низким уровнем обмена веществ) необычайно длителен (у человека 70 дней), яд не выделяется, а, наоборот, накапливается в организме.

Особенно страдают от этого морские млекопитающие. Человек, находясь в обычных условиях, не подвергается такой большой опасности, как уже неоднократно упоминавшиеся тюлени, потому что тюлени живут всецело за счет питания рыбой, а человек только отчасти. Чем больше человек съедает рыбы (и в первую очередь хищной), тем больше для него опасность отравления ядами, накопленными в водных пищевых цепях.



**Рис. 9.** Содержание ртути в осевой мускулатуре щук из различных водоемов Швеции в сопоставлении с весом тела. Чем выше начальная точка, тем круче поднимается кривая, т.е. тем быстрее идет дальнейшее накопление ртути (по Johnes et al., из Eichler, 1972)

## 10. Рассказ о щуках

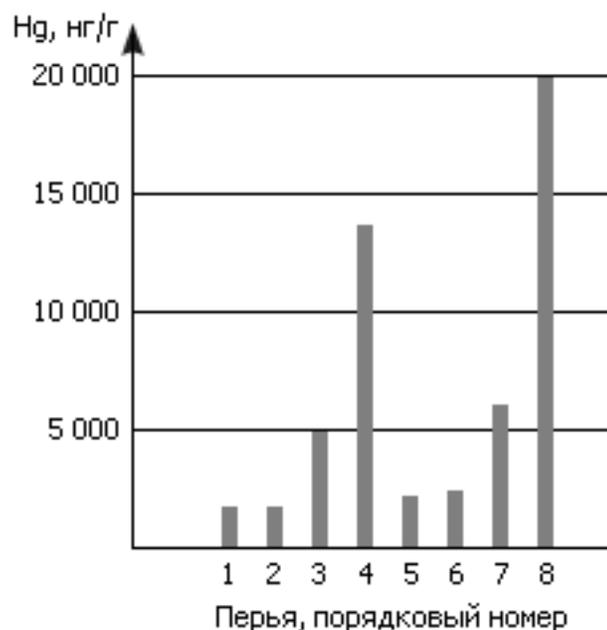
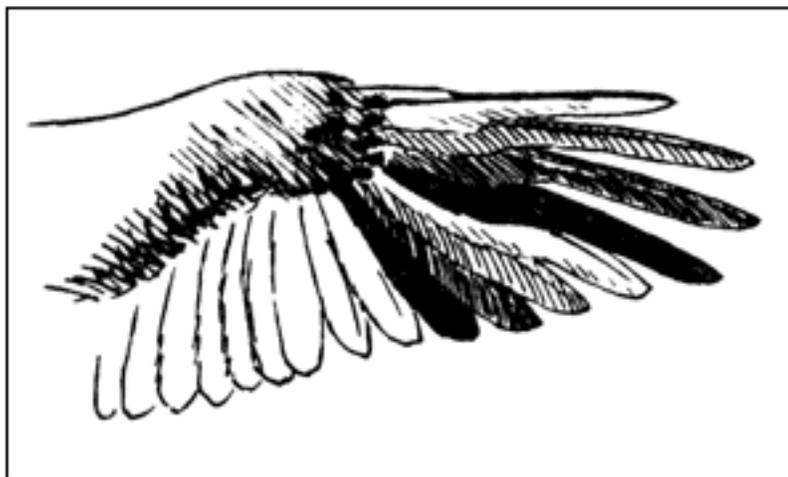
В Японии в качестве природного фона в рыбах считают допустимым содержание ртути, равное 0,1 мг/кг, в Финляндии – 0,2 мг/кг. Более высокие величины приводят уже к кумуляции ртути в хищных рыбах; если в водоеме щуки весом 500 г еще содержат Hg в количестве 0,2 мг/кг, то по мере старения щук концентрация ртути в их мясе становится все выше; например, при весе 3 кг концентрация ртути достигает уже 0,8 мг/кг. Чем выше начальная точка отсчета, тем круче поднимается кривая.

Судя по данным, представленным на рис. 9, щуки в озере Тингстеде никогда не достигают веса больше 1 кг. Если эти данные соответствуют действительности, то я усматриваю здесь три возможных истолкования, которые следовало бы проверить в ходе дальнейших исследований:

А. Щуки с более высоким содержанием ртути в осевой мускулатуре (0,9 мг/кг) гибнут. Это не обязательно противоречит прежним данным, согласно которым «ближайшие кандидаты на гибель – это рыбы, содержащие Hg в количестве 20 мг/кг». Вероятно,

разные виды ведут себя неодинаково и это следовало бы выяснить.

Б. При такой ртутной нагрузке (0,9 мг/кг) щуки весом кг больше уже не прибавляют в весе. Известно, что и другие пестициды могут нарушать соотношение между потреблением и усвоением пищи.



**Рис. 10.** Различное содержание ртути (представлено густотой штриховки) в маховых перьях скопы *Pandion haliaeetus*, вернувшейся весной в Швецию после зимовки в Африке. У взрослых птиц перья 1, 2, 5 и 6 (справа налево) вырастают в период зимовки, 3 и 7 – во время перелета и в начале гнездового периода, а 4 и 8 – позднее (когда птица кормится только северной рыбой). Следует, однако, добавить, что проксимальные перья (5, 6, 7 и 8) еще содержат несколько больше ртути, чем соответствующие дистальные перья (1, 2, 3 и 4), – на рисунке это не удалось отразить. Абсолютные величины: самый низкий уровень – около 340 нг/г (перо 1), самый высокий – около 20 000 нг/г (перо 8)

В. Данный водоем был так мал, что из-за этого рост щук останавливался. У многих видов рыб прослеживается четкая корреляция между имеющимся жизненным пространством и максимальными размерами, которых достигают особи.

• [Предисловия](#)

[Оглавление](#)

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 11. Рассказ о скопе

У пойманной в Швеции на исходе лета скопы «этого года рождения» все большие маховые перья отличались высоким содержанием ртути, так как она ведь питалась рыбой из шведских водоемов, а в ней всегда много Hg. Когда же исследовали весной скопу, вернувшуюся в Швецию из Африки, то у нее 4-е и 8-е большие маховые перья тоже содержали большие количества ртути; это были те самые перья, которые у нее выросли в прошлом году в Швеции. Иное дело перья 1, 2, 3, 5, 6 и 7: ртути в них почти не было. Они-то ведь сменились во время зимней линьки, а в Африке рыба (пока еще!) не содержала ртути.

Хяккинен и Хясянен (Häkkinen, Häsänen) при исследовании скоп в Финляндии нашли, что содержание ртути у них сильно варьирует. После запрета на применение ртутных препаратов фоновый уровень ртути снизился, однако размножение скоп не стало более эффективным.

## 12. Содержание ртути в животных организмах

*Содержание метилртути в рыбах Балтийского и Северного морей (в мг/кг):* у щуки в Финляндии 3, в Швеции 5...6, в Нидерландах 10; у угря в Нидерландах 2; у окуня в Финляндии 2. Рыбы с содержанием ртути 20 мг/кг считаются обреченными на гибель.

*Содержание ртути в печени или в печеночно-почечном гомогенате птиц в Швеции (в мг/кг):* у пустельги до 41 (у 50% птиц больше 2); у ястреба у 80% птиц больше 2, у 50% больше 5, у 25% больше 25; у сарыча 10; у кряквы 60; у пеганки (в печени) 40.

*Содержание ртути в перьях птиц Швеции (в мг/кг):* у чомги около 15; у скопы около 15 (летальная доза около 20 мг/кг, т.е. птицы с таким высоким содержанием ртути в перьях уже погибают от ртутного отравления); у сокола-сапсана 50; у орлана-белохвоста до 60; у филина 20 – 40.

Рыбы в Рейне возле Карлсруэ содержат ртуть в количестве 0,4 мг/кг, а около Маннхейма

уже 1,3. В США 811 из 853 исследованных особей меч-рыбы содержали слишком много ртути. В консервах из тунца (США) концентрация Hg составляла 1,3 мг/кг.

У побережья Новой Зеландии в пробах донного грунта ртути содержалось менее 1 мг/кг, в различных моллюсках 0,02, а в устрицах (которые весьма активно накапливают Hg) даже 0,08 мг/кг. Естественным содержанием ртути в рыбе считают в Японии 0,1, а в Финляндии 0,2 мг/кг. Рыбы могут аккумулировать в своем организме ртуть, повышая ее концентрацию почти в 3000 раз, и при этом они получают ртуть не только через свою пищевую цепь, но и непосредственно из воды.

В то время как в Швеции зерноядные и питающиеся рыбой виды птиц накапливали ртутные остатки в угрожающих количествах, белые куропатки и беркуты совершенно не содержали ртути: дело в том, что они не едят ни посевного зерна на полях, ни рыбы.

У горных серн содержание ртути в почках с мая по октябрь составляло всего лишь четверть того количества, которое определялось у них в зимние месяцы, когда они находятся в долинных участках Альп.



**Рис. 11.** Упрощенная схема превращений ртути в воде. Все формы ртути прямым или непрямым путем переходят в метилртуть (по Jernelöv из Eichler, 1972)

### 13. Преобразование соединений ртути в водной среде

Каким бы путем ртуть ни попадала в воду, микроорганизмы метилируют ее, и при этом всегда образуется метилртуть. Это соединение жирорастворимо, чрезвычайно ядовито и очень устойчиво. Поэтому оно представляет собой одну из самых ядовитых форм ртути, о чем нам не следует забывать. На рис. 11 показано, как «все пути ведут к метилртути». Чтобы облегчить восприятие, здесь приведена упрощенная схема; более детализированную общую схему можно найти в работе Ернелёва (Jernelöv, 1969).

### 14. Опасность метилртути для человека

Усиленное потребление рыбы человеком даже при относительно низкой концентрации в ней метилртути (например, порядка 0,8 мг/кг у окуня или 1,6 мг/кг у щуки) приводит к отложению ртути в волосах в количестве 50 мг/кг. При таком содержании ртути в волосах (а оно возможно и при меньшем потреблении рыбы, если концентрация ртути в щуках составляет 2 мг/кг) у человека уже начинают проявляться отчетливые признаки заболевания. Если же в волосах содержится около 300 мг/кг, то это означает опасность для жизни.

Как выяснилось, волосы человека могут служить удобным индикатором в случае угрозы ртутного отравления; они являются как бы шкалой, показывающей степень накопления ртути в организме. При этом концентрации Hg в волосах до 10 мг/кг считаются еще безопасными, так как они возможны даже при потреблении воды и рыбы, практически не содержащих ртути.

Однако наличие ртути в природе – это для человека не только вопрос о том, должен ли он есть больше или меньше рыбы; остается еще вопрос, как влияет присутствие ртути в организме на вещество наследственности. А между прочим было обнаружено, что метилртуть вызывает в клетках тканевых культур аномальные митозы (так называемые К-митозы), а также поломки хромосом, причем ее воздействие в 1000 раз превышает эффект от колхицина.

**Рис. 12.** Жертва врожденной «болезни Минамата» в Японии. В результате того что мать регулярно потребляла рыбу, отравленную метилртутью, ребенок родился неизлечимо больным (фото из архива Хёрца)

У японских детей с врожденным отравлением метилртутью была обнаружена необычно высокая частота уродств. Шведскими учеными было доказано, что у людей, которые питались рыбой, содержащей метилртуть, статистически достоверно повышена частота хромосомных aberrаций по сравнению с контрольной группой нормально питавшихся лиц. А ведь поломки хромосом – это такой кариологический факт, который более всего подкрепляет подозрение в том, что метилртуть может вызывать врожденные уродства или другие структурные аномалии (а также и психические дефекты!).

Токсикологию металлической ртути считали хорошо изученной и широко известной. Однако трагедия у реки Минамата показала нам, что органические соединения ртути по характеру их токсичности следует рассматривать особо и что в данном случае доминируют поражения головного мозга: на это указывает не только столь типичное для болезни Минамата ограничение полей зрения, вплоть до угрозы полной слепоты, но и нарушенная координация движений, из-за которой больные напоминают «дышащих

деревянных кукол». Еще более серьезной следует считать опасность минимальных доз для эмбрионов. У зародышей леопардовой лягушки (*Rana pipiens*) даже такие концентрации метилртути, как 1...5 мкг/кг, уже вызывают специфические аномалии и препятствуют дальнейшему развитию. У людей дозы ртути, которые кажутся вполне безвредными для матери, могут повреждать мозг плода; у кошек это было подтверждено экспериментально. Разумно ли после этого все еще объявлять концентрацию ртутных остатков 0,15 мг/кг совершенно безвредной для взрослых и утверждать, что будто бы тот, кто ест рыбу с содержанием ртути 1 мг/кг только раз в неделю, не подвергается никакой опасности?

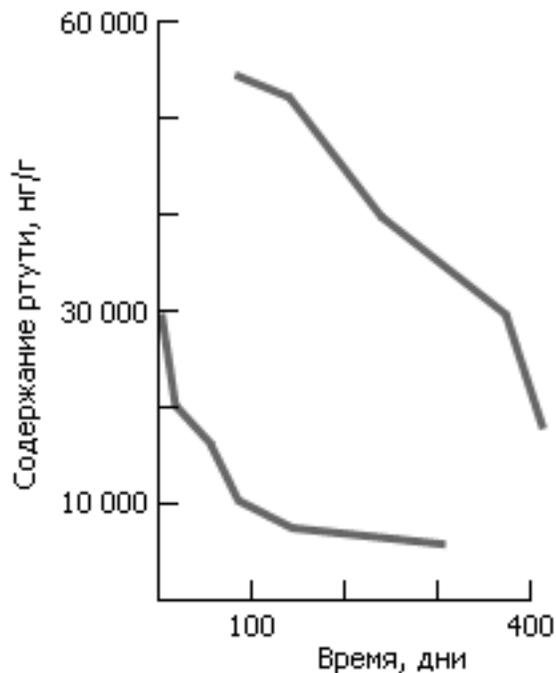
Метилртуть не оказывает тератогенного действия\* на крыс, зато вполне проявляет его на мышах. В последнее время польские врачи считают возможным, что ртуть вызывает лейкемию.

---

\* Тератогенный – вызывающий уродства. – Прим. перев.

Наземные и водные пищевые цепи метилртути, рассмотренные выше, – это, так сказать, классические пути, через которые человек получает вместе с пищей ртутную нагрузку. И повторяющиеся снова и снова случаи употребления в пищу посевного зерна, протравленного ртутью, здесь можно было бы оставить вначале без внимания, поскольку ясно, что такое зерно не предназначалось для питания. Однако теперь уже и в рисе найдены ртутные остатки в количестве 1 мг/кг. И отказ от рыбы тоже не служит надежной защитой от поступления ртути, если готовят рыбную муку и применяют ее в качестве корма для домашних животных. Даже растительная пищевая цепь с домашнего огорода может быть источником ртути, если к компосту было добавлено средство для улучшения структуры почвы, содержащее ртуть.

Подобные сведения поддерживают мою точку зрения: если установлено, что какому-нибудь дикому виду птиц угрожает вымирание из-за присутствия какого-то биоцида в природной среде, то это всегда должно означать сигнал тревоги – ведь опасность грозит и человеку!



**Рис. 13.** Содержание ртути в волосах двух лиц, переставших потреблять рыбу из водоемов, загрязненных ртутью (Nuorteva, 1971)

Тема моей книги – пищевые цепи, а не охрана труда, однако при обозрении всех путей, на которых человек может встретиться с ртутью, следует все же полноты ради упомянуть и о профессиональных группах, которые потенциально подвергаются подобному риску; к ним относятся горнорабочие ртутных рудников (например, в Испании); промышленные рабочие на химических заводах; химики; шляпочники.

## 15. Багдадская история

Если бы кто-нибудь спросил меня, нет ли у меня сомнений относительно какой-либо главы моей книги, все ли в ней действительно вполне достоверно, то я сделал бы следующую оговорку: «что касается иракской истории, то она, пожалуй, не слишком точна во всех деталях, так как здесь я складывал единую мозаику из камешков самого разного происхождения, и возможно, что среди них окажется и неверный; однако это не наносит ущерба принципиальной верности истории в целом».

Она началось с того, что один канадский студент-биолог услышал кое-что о шведской истории со ртутью. Познакомившись с ней, он взялся исследовать содержание ртути в рыбе реки Св. Лаврентия. И смотрите! Получилась точно такая же картина, которую мы уже знали по Швеции и Финляндии и которую выявили также выборочные пробы, взятые Уи (Ui) в Нидерландах и Италии во время его недолгого пребывания в Европе.

Канада, как известно, относится по старой традиции к тем странам, которые особенно

чувствительно реагируют на попытки загрязнить ее природную среду. Поэтому протравливание семенного материала ртутью в Канаде было объявлено вне закона. Но куда же могли США продавать свое протравленное ртутью семенное зерно, после того как Канада выбыла из числа покупателей? В ней нуждался Ирак, однако взаимоотношения между США и Ираком как раз в то время были неважными.

Напротив, Мексика вполне устраивала Ирак как не внушающее подозрений государство-экспортер. Поэтому иракское правительство закупило семенное зерно в Мексике. При этом только посвященные могли бы позлословить насчет того, откуда, собственно, у Мексики могло взяться семенное зерно, протравленное ртутью, когда сама она, как известно, не имеет никакой технологии для того, чтобы протравливать зерно метилртутью.

Правительство Ирака делало все от него зависящее, чтобы при начавшемся в сентябре 1971 г. распределении семенного зерна каждый крестьянин знал, что имеет дело с протравленным, т.е. ядовитым, зерном. Однако, когда приходится иметь дело с сельским населением, по большей части неграмотным, все не так-то просто. Прежде всего импортированное семенное зерно выглядит намного лучше, чем местное; оно и на самом деле лучше, так как именно из-за этого оно и было импортировано в качестве семенного. И тут возникает большое искушение испечь из такого прекрасного зерна хлеб и отведать от этого лакомого куска. Тогда, правда, в будущем году не будет хорошего посевного зерна, а только прежнее, местное (а то и вовсе никакого) – но до той поры ведь еще столько времени, а там аллах поможет что-нибудь придумать. Кроме того, тут было и нечто другое. Прежнее иракское правительство однажды тоже импортировало семенное зерно, но тогда оно было непротравленным. Тем не менее, для того чтобы зерно не съели, было объявлено, что оно ядовито. Однако крестьяне очень быстро раскусили, что оно вполне съедобное.

Между прочим, в Ираке однажды уже имелось и протравленное семенное зерно, но оно было протравлено не метилртутью; а другие ртутноорганические протравители далеко не так опасны. Впрочем, поставленное Мексикой зерно тоже выдавалось за якобы протравленное фенилртутью; но химические анализы, произведенные после волны отравлений, во всех случаях выявляли почти исключительно метилртуть (Bakir et al.).

К этому следует добавить еще кое-что: в Ираке в некоторых группах сельского населения существует известное недоверие к сообщениям правительства.

Правительство объявило, что зерно отравлено: неужели на сей раз это правда? Не вернее ли все-таки будет считать, что правительство лжет?

Находились и такие крестьяне, которым хотелось испытать все на деле. Они

скармливали семенное зерно телятам, и у последних не наблюдалось немедленной реакции. Так значит, пожалуй, можно пустить это зерно на выпечку хлеба? Да и самих телят крестьяне резали и, не раздумывая, ели их мясо.

Они скармливали семенное зерно и курам, и те тоже сразу не реагировали. Однако здесь играла роль одна интересная особенность: у птиц-самок биоцид всегда переходит в яйца; таким образом, откладывая яйца, куры освобождались от яда, и у них не появлялось никаких симптомов отравления. А их яйца люди, как обычно, употребляли в пищу.

Конечно, семенное зерно, о котором идет речь, было окрашено в красно-бурый цвет, чтобы было видно, что зерно протравлено и, следовательно, ядовито. К сожалению, эта краска легко отмывалась. Кто же мог подумать о том, что вымывалась-то только *краска*, но не сам *протравитель*? И так как у тех, кто ел такой хлеб, очевидные признаки отравления появлялись нескоро, то в результате в январе 1972 г. началась катастрофическая реакция – несколько сотен человек умерли и, вероятно, тысячи (если не десятки тысяч) заболели. Как стало известно, в больницы было принято 6530 отравившихся, из которых 495 умерло. Как же велико было число пострадавших в целом? Установлено только то, что большинство отравлений произошло из-за потребления хлеба собственной выпечки.

Среди тех, кому была оказана врачебная помощь, более третьей части составляли дети до 9 лет. У людей старше 9 лет концентрация в крови ртути, превышавшая 3000 нг/мл, приводила к смертельному исходу.

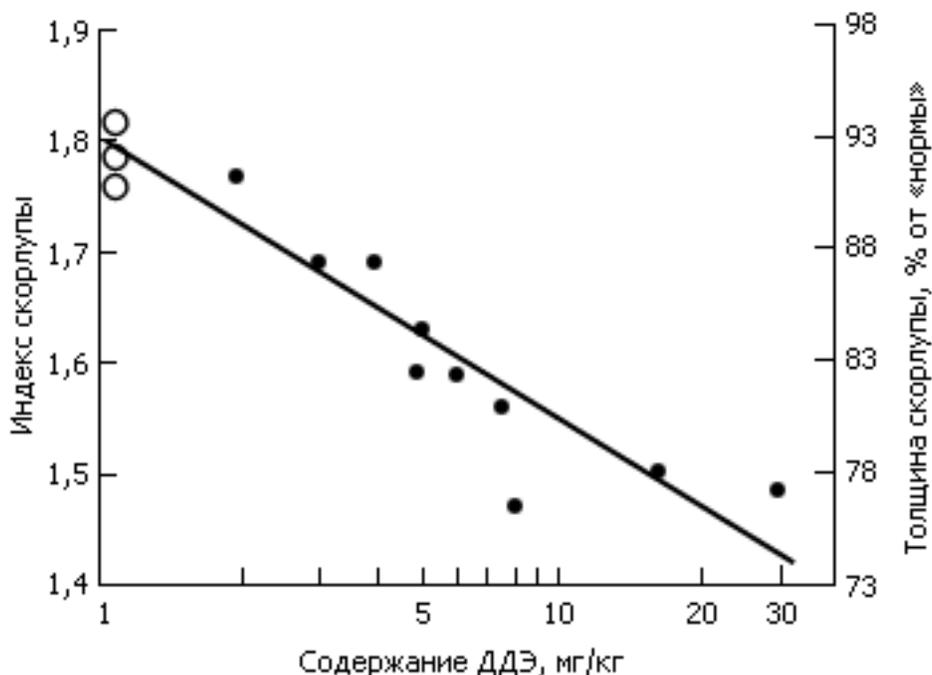
Токсикология метилртути в то время была изучена совершенно недостаточно – откуда тут можно было знать, как лечить отравившихся! Во всяком случае, БАЛ (2,3-димеркаптопропанол) был противопоказан: хотя его применение и оправдало себя при отравлениях *неорганической* ртутью, в случае *метилртути* он мог бы даже усилить накопление Hg в головном мозгу. В конце концов было найдено, что для выведения ртути из организма в таких случаях наиболее пригодна тиоловая смола – речь идет о синтетической органической ионообменной смоле с сульфгидрильными группами, присоединенными к крупнопористому стирол-дивинил-бензолному сополимеру; такую смолу изготавливает специально для этой цели фирма «Доу Кемикл» (Dow Chemical).

Население было возмущено этими событиями и совершенно не осознавало собственной вины в случившемся. Напротив, острие проблемы повернулось в другую сторону. В Ираке живут различные национальные меньшинства, частично рассеянные небольшими группами. Не было ли у них оснований обвинить багдадское правительство в геноциде путем отравлений? То, что даже вполне благое намерение может быть совершенно превратно истолковано враждебно настроенными соседями, – это, конечно, вещь совсем не новая в сосуществовании людей!

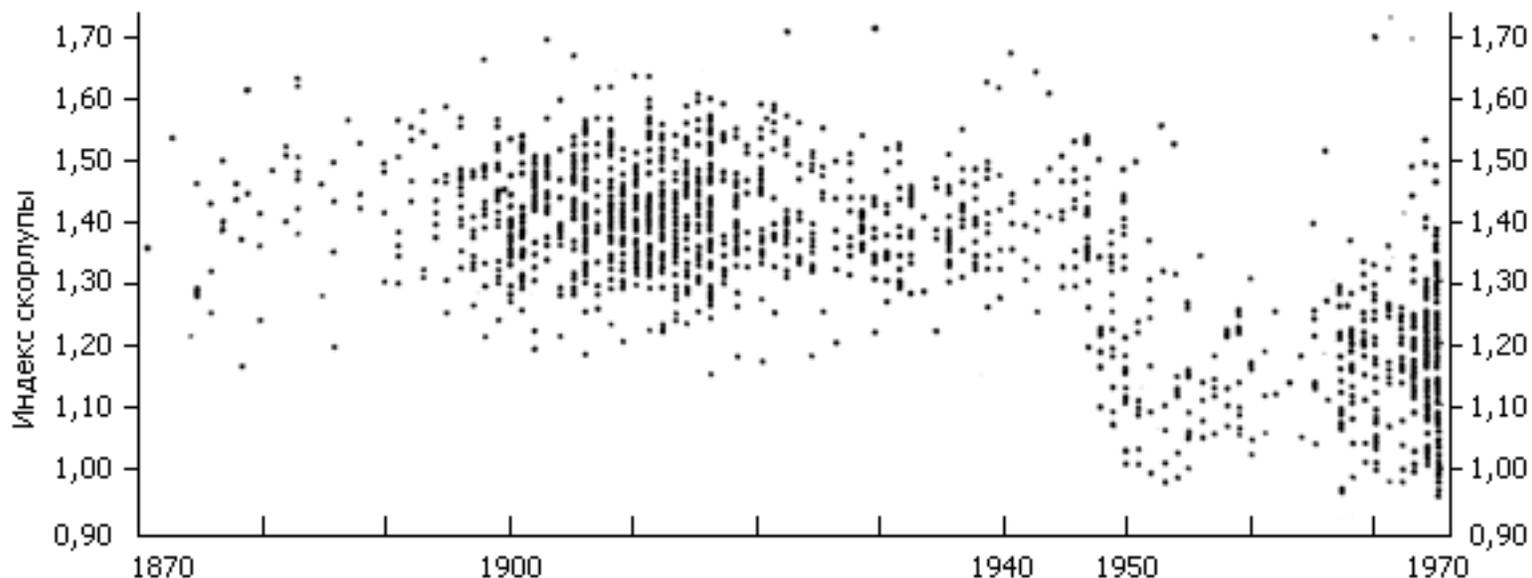
## 16. История с ДДТ

Базельскому химику [Паулю Герману Мюллеру](#) – руководителю лаборатории фирмы «Гейги» (Geigy) за обнаружение у ДДТ поразительных инсектицидных свойств была присуждена [Нобелевская премия в области физиологии и медицины](#). Основанием для этого послужил тот факт, что с помощью ДДТ впервые удалось провести успешную борьбу с переносчиками малярии и сыпного тифа и таким образом искоренить эти заболевания. Секрет такой чудесной эффективности заключался в широком спектре действия препарата в сочетании с исключительной персистентностью (химической устойчивостью) и, по-видимому, лишь незначительной токсичностью для теплокровных (кто съедал булочку из муки, загрязненной гезаролом\*, в последующие дни производил впечатление совершенно здорового человека).

\* Синоним ДДТ. – Прим. перев.



**Рис. 14.** Соотношение между индексом яичной скорлупы [весом скорлупы (мг), деленным на произведение ее длины и ширины (мм<sup>2</sup>)] и логарифмом содержания ДДЭ (продукт разложения ДДТ) (мг на 1 кг сырого веса содержимого яйца) у сокола сапсана (*Falco peregrinus*) в Австралии. Толщина скорлупы яйца выражена также в процентах от «нормальной» толщины (принятой до 1947 г. в качестве средней величины)



**Рис. 15.** Изменение индекса толщины яичной скорлупы у ястреба (*Accipiter nisus*) в период с 1870 по 1975 годы. Каждая точка соответствует средней величине для полной кладки. Величины взяты из всех крупных районов острова Великобритания. Излом кривой около 1947 года совпадает с годом первого широкого применения ДДТ в сельском хозяйстве Англии (Newton, 1981)

Именно широкий спектр воздействия и устойчивость ДДТ оказались впоследствии коварными сторонами этого вещества. Из-за широкого спектра действия вместе с вредными насекомыми уничтожались и полезные. А устойчивость приводила к тому, что ДДТ накапливался в пищевых цепях и оказывал губительное действие на их концевые звенья: например, соколы-сапсаны стали исчезать оттого, что вследствие отравления ДДТ они откладывали яйца со слишком тонкой скорлупой, которые во время насиживания разбивались.

В результате накопления множества подобных сведений за ДДТ утвердилось слава чудовищно опасного препарата. Когда в США концентрация ДДТ в молоке кормящих матерей в результате передачи этого вещества через пищевые цепи достигла уровня в 4 раза выше предельно допустимого, применение ДДТ было запрещено. И если, несмотря на это, ВОЗ все же рекомендует применять его в ряде развивающихся стран для борьбы с инфекционными болезнями, то сейчас это делается по совершенно особым соображениям (нередко экономическим). Впрочем, там, где речь идет о спасении человеческих жизней, я бы еще согласился на применение некоторых обычно прокливаемых мною пестицидов – по крайней мере в качестве чрезвычайной неотложной меры.

Последовательность введения запрета на применение ДДТ в различных странах (если я правильно информирован) была следующая: Новая Зеландия; СССР; Венгрия; Швеция; Дания; Финляндия; далее прочие страны. Правда, не всегда имели место полные

неограниченные запреты. Например, в СССР вначале не могли отказаться от использования ДДТ в борьбе с клещами – переносчиками таежного энцефалита, так как для этого особого случая еще не было другого подходящего акарицида; в Средней Европе с некоторыми вредителями лесов тоже пока можно бороться только с помощью ДДТ.

Впрочем, по причине токсичности следовало бы запретить не один только ДДТ: просто этот препарат, будучи старейшим из синтетических инсектицидов (почему, кстати, и знают так много о его токсичности), находился в поле зрения общественной критики. Между тем некоторые другие современные инсектициды в действительности ничуть не менее вредны, чем ДДТ, однако пока еще нет никаких ограничений на их использование: все дело в том, что они не исследованы так всесторонне, как ДДТ, и об их токсичности известно очень немногое. То, что ДДТ так хорошо изучен в этом отношении, – следствие его чрезвычайной популярности; представители всех областей науки, которые почему-либо хотели изучить какой-нибудь инсектицид, всегда в первую очередь обращались именно к ДДТ (см. также Rüdт, 1978, S. 22).

## 17. ДДТ в пищевых цепях

Если ДДТ распыляют с самолета над каким-нибудь стоячим водоемом, то уже через несколько дней его нельзя обнаружить в воде, так как к этому времени он успевает полностью перейти из воды в микроорганизмы (бактерии, водоросли) или же в донный ил водоема. Потому-то у некоторых прежних исследователей при поверхностном наблюдении сложилось ложное представление, будто бы ДДТ «исчезает» и поэтому в обработке им поверхности водоемов не кроется никакой опасности (а значит, было бы не так уж опасно опрыскивать инсектицидными препаратами и участки суши). Однако в действительности весь ДДТ уже перешел в начальные звенья пищевых цепей, и в результате был запущен процесс его накопления, которым определяется столь пагубная роль ДДТ в пищевой цепи.

Пищевые цепи представляют собой одну из основных форм взаимосвязи между различными организмами, каждый из которых пожирается другим видом – как правило, меньший более крупным. В более узком смысле о пищевой цепи говорят в том случае, когда «различные виды животных связаны друг с другом конкретными прямыми пищевыми связями» (Palissa, из частного письма). Тогда в биосфере «происходит непрерывный ряд превращений веществ» в последовательности звеньев жертва – хищник. Пример эпизитической водной пищевой цепи (протекающей в сторону увеличения размеров тела): растворенные вещества – фитопланктон – рачки – рыбы – хищные рыбы – теплокровные животные, питающиеся рыбой.

В случае потребления чужеродных веществ, если эти вещества не могут быть «переварены» или просто выведены из организма, начинается их накопление по ходу пищевой цепи. Это накопление происходит вследствие того, что в пищевой цепи организмы-потребители обладают меньшей *биомассой*, чем те, которые служат им пищей (хотя, конечно, размеры тела у потребителей больше,

чем у их жертв). Именно таким образом происходит концентрирование пестицидов, при котором первичные звенья пищевой цепи получают лишь незначительные количества токсиканта, а конечные звенья уже отравляются.

Меньшая биомасса вида-потребителя обусловлена тем, что особи этого вида используют для построения своего тела только часть потребляемой пищи, тогда как остальное расходуется в энергетическом обмене. Однако неразлагающиеся ядовитые вещества не используются в энергетическом обмене и большей частью накапливаются в организме, особенно в том случае, если данное вещество имеет длительный период биологического полураспада. Коэффициент накопления неразлагающихся ядов, в особенности биоцидов, в большинстве случаев составляет около 10 на каждую ступень пищевой цепи (Nuorteva). Таким образом, рыбы могут содержать во много тысяч раз больше инсектицидов, чем окружающая их водная среда. К тому же накопление ядов в пищевых цепях нередко усиливается из-за меньшей быстроты реакции и ограниченной подвижности животных, несущих в себе яд, так как сильнее отравленные особи легче становятся добычей хищников, чем все остальные! Вследствие этого в пищевой цепи водоема наиболее высокое содержание ядовитых веществ отмечается у хищных рыб.

В дальнейшем ядовитые вещества могут от них переходить к птицам, питающимся рыбой (и к ластоногим, а также и к человеку).

Практическое значение пищевых цепей, передающих ДДТ, особенно четко выявляется в сравнительных исследованиях на двух сходных популяциях, например на двух колониях скоп в США (цит. по Eichler, 1969). Колония в штате Мэриленд сохраняла свою численность на протяжении многих лет, тогда как колония в штате Коннектикут ежегодно уменьшалась на 30%. Конечно, и мэрилендские скопы (*Pandion haliaeetus*) питались рыбой, содержащей ДДТ (а что им еще оставалось делать, когда сегодня во всем мире – даже в Антарктиде! – в рыбах находят следы ДДТ?). Однако при исследовании рыб, служивших пищей скопам (для этой цели рыбу специально извлекали из гнезд скоп), было обнаружено, что у коннектикутских рыб остаточные количества ДДТ в 5...10 раз больше, чем у рыб, взятых из гнезд мэрилендских скоп. После этого стало понятно, почему в Мэриленде в каждом гнезде скопы выводят втрое больше птенцов, чем в Коннектикуте! В Коннектикуте содержание ДДТ в яйцах скоп было так велико, что уже среди эмбрионов отмечался высокий процент гибели!

Во многих случаях мы знаем только то, что данный инсектицид токсичен, но не знаем истинного механизма его действия. У ДДТ довольно точно известен один эффект (помимо ряда других), так как его много раз выявляли в экспериментах: то, что у чаек и пеликанов скорлупа яиц становится очень тонкой и яйца впоследствии разбиваются. Когда я однажды сообщил об этом одному хирургу, тот сказал, что теперь ему понятно, почему в наше время у людей так часто случаются переломы костей (иногда даже при лежании в постели).

Другие эффекты ДДТ, затрагивающие размножение птиц, не так легко воспроизводятся

в эксперименте, поэтому их удалось подробно исследовать лишь позднее; к ним относятся: уменьшение размеров кладки яиц, отказ от насиживания, повышение смертности зародышей и птенцов вследствие загрязнения ДДЭ\* (продуктом обмена ДДТ).

---

\* 1,1-дихлор-2,2-бис(*n*-хлорфенил)-этилен. – Прим. перев.

У **ястреба-перепелятника** (*Accipiter nisus*) уменьшение толщины скорлупы в среднем на 12,5% коррелировало с загрязнением ДДЭ; кроме того, была резко повышена доля яиц с отмершими эмбрионами. Из 59 ястребиных яиц, найденных в брошенных кладках и помещенных в инкубатор, по меньшей мере 64% содержали отмерших зародышей. При изучении яиц, большей частью взятых из гнезд, где выводки полностью погибли, четко выделялась корреляция между токсической нагрузкой ДДЭ и гибелью эмбрионов. Такие ястребиные яйца содержали в среднем 65,5 мг/кг ДДЭ (в пересчете на сухой вес). В Средней Европе из всех видов хищных птиц именно ястреб-перепелятник находится под наибольшей угрозой из-за загрязнения среды пестицидами.

Одни и те же дозы ДДЭ действуют на разные виды по-разному. Например, у ястреба-перепелятника уже при нагрузке ДДЭ, равной 3 мг/кг (в пересчете на сухой вес), толщина скорлупы яиц уменьшается, тогда как у **пустельги** 7 мг/кг еще не вызывают никакого утончения скорлупы. Содержание ДДЭ было наиболее высоким в яйцах скоп, болотных луней, соколов-сапсанов и ястребов-перепелятников, а наименьшим – у куликов-сорок, полярных крачек и серебристых чаек.

В Англии сокращение численности **соколов-сапсанов** (*Hierofalco peregrinus*), несомненно, обусловлено воздействием ДДТ (правда, определенную роль при этом, может быть, играют также полихлорированные дифенилы и дилдрин). Когда было запрещено применять ДДТ (и дилдрин), в некоторых районах популяция соколов-сапсанов вскоре вновь увеличилась.

Мур (Moore) подчеркивает, что ни в одном из случаев, где, судя по косвенным данным, падение численности какого-либо вида птиц объясняется воздействием инсектицидов, неопровержимых доказательств этому нет; но если бы мы захотели дожидаться таких доказательств, то тем временем все эти виды уже давно бы вымерли.

Падение численности хищных птиц часто объясняют только тем, что их тревожат во время насиживания – например, даже просто гуляющие люди. Но не следует ли к тому же предположить, что хищные птицы, отягощенные инсектицидами, становятся в период насиживания более чувствительными и потому им гораздо труднее переносить «беспокойство на гнезде»? Ведь ДДТ обладает нейротоксичностью, он раздражает

нервную систему; поэтому организм, подвергающийся воздействию ДДТ, должен острее реагировать на факторы окружающей среды, чем нормальный организм.

Один из наиболее очевидных примеров простой пищевой цепи, в которой циркулирует ДДТ, – это случай с перелетными дроздами, описанный Рэчел Карсон (Carson). Гриб *Ceratocystis ulmi* вызывает опустошительную болезнь язвов – так называемую голландскую болезнь. Ее передает язвовый заболонник (*Scolytes multistriatus*), с которым борются, обрабатывая ДДТ отдельные деревья или целые парковые насаждения. Остатки осевшего на деревьях ДДТ попадают затем с дождевой водой, а осенью и вместе с опадающими листьями в почву или в листовую подстилку. Там ДДТ поглощают дождевые черви, поедающие остатки листьев, и он откладывается и даже концентрируется в их телах. Если теперь перелетные дрозды (*Turdus migratorius*) будут поедать преимущественно дождевых червей, то они будут хронически отравляться ДДТ. Правда, непосредственно погибает только часть дроздов, но зато у всех у них по меньшей мере нарушается способность к размножению. Они становятся стерильными или откладывают бесплодные яйца; либо умирают их птенцы, особенно в тех случаях, когда и их кормят дождевыми червями, содержащими ДДТ. Именно поэтому «побочным результатом» борьбы с голландской болезнью язвов, проводившейся с помощью ДДТ, явилось почти полное исчезновение перелетных дроздов на значительных территориях США.

Когда отравление ДДТ или другими инсектицидами угрожает разным видам птиц в неодинаковой степени, то это зависит не столько от непосредственной чувствительности к инсектицидам (которая может варьировать у разных видов, а внутри вида – от особи к особи), сколько от особенностей экологии, физиологии, поведения и динамики популяций различных птиц. Многие виды певчих птиц гораздо более чувствительны, чем, например, домовый воробей. Этот последний переносит бо-льшие дозы ДДТ, но, кроме того, он еще умеет (в отличие от несинантропных певчих птиц) распознавать загрязненный ДДТ корм и научился отказываться от него.

Оптимисты с радостью ухватились за этот факт, будто бы позволяющий рассчитывать на то, что и человек окажется намного более выносливым и способным к адаптации. От такого оптимизма следует, однако, предостеречь. Даже если бы это было действительно так, это означало бы всего лишь отсрочку того момента, когда загрязнение достигнет критического уровня. До сих пор человеку благодаря разнообразию его питания удавалось избегать более серьезных токсических нагрузок; но при дальнейшем загрязнении окружающей среды очень скоро дело может дойти до того, что для него уже не найдется безопасной пищи.

Конечно, уже придуманы и испытаны методы, позволяющие уменьшить накопление токсикантов в пищевой цепи. Например, для того чтобы исключить мясо домашних животных из пищевой цепи,

содержащей ДДТ предлагается давать животным противосудорожные средства (такие как барбитураты). Эти последние активируют печеночные ферменты и таким образом уменьшают депонирование ДДТ (здесь мне так и хочется воскликнуть: какой абсурд!).

Тот факт, что ДДТ находят в жировой ткани человека часто истолковывается так, что якобы ДДТ неопасен для человека – ведь он же депонирован в жировой ткани и благодаря этому должен быть нейтрализован. Так ли это безобидно на самом деле?

В связи с этим мне хотелось бы привести следующее высказывание (Rüdt, 1978, S. 21): «Если даже определяемые до сих пор концентрации в жировых тканях человека сами по себе не вызывают тревоги, то все же есть опасность, что в случае голодания, лечения от тучности и при беременности расщепляться будет лишь депонированный жир, но отнюдь не ДДТ, который может при этом попасть в систему кровообращения».

То, что в годы после окончания второй мировой войны во многих странах у людей образовались отложения ДДТ в жировых тканях (сначала в результате борьбы с платяными вшами при помощи дуста ДДТ, а позднее вследствие поглощения ДДТ с пищей), первое время препятствовало вторичному появлению головных вшей *Pediculus capitis* (попутно уничтоженных при борьбе с платяными вшами). Лишь после того как применение ДДТ было ограничено (так называемый запрет на ДДТ) и подросло новое поколение людей, в организме которых уже почти не было ДДТ, это препятствие отпало: человеческая кровь перестала быть токсичной для вшей, и с конца 60-х годов головные вши смогли распространиться снова.

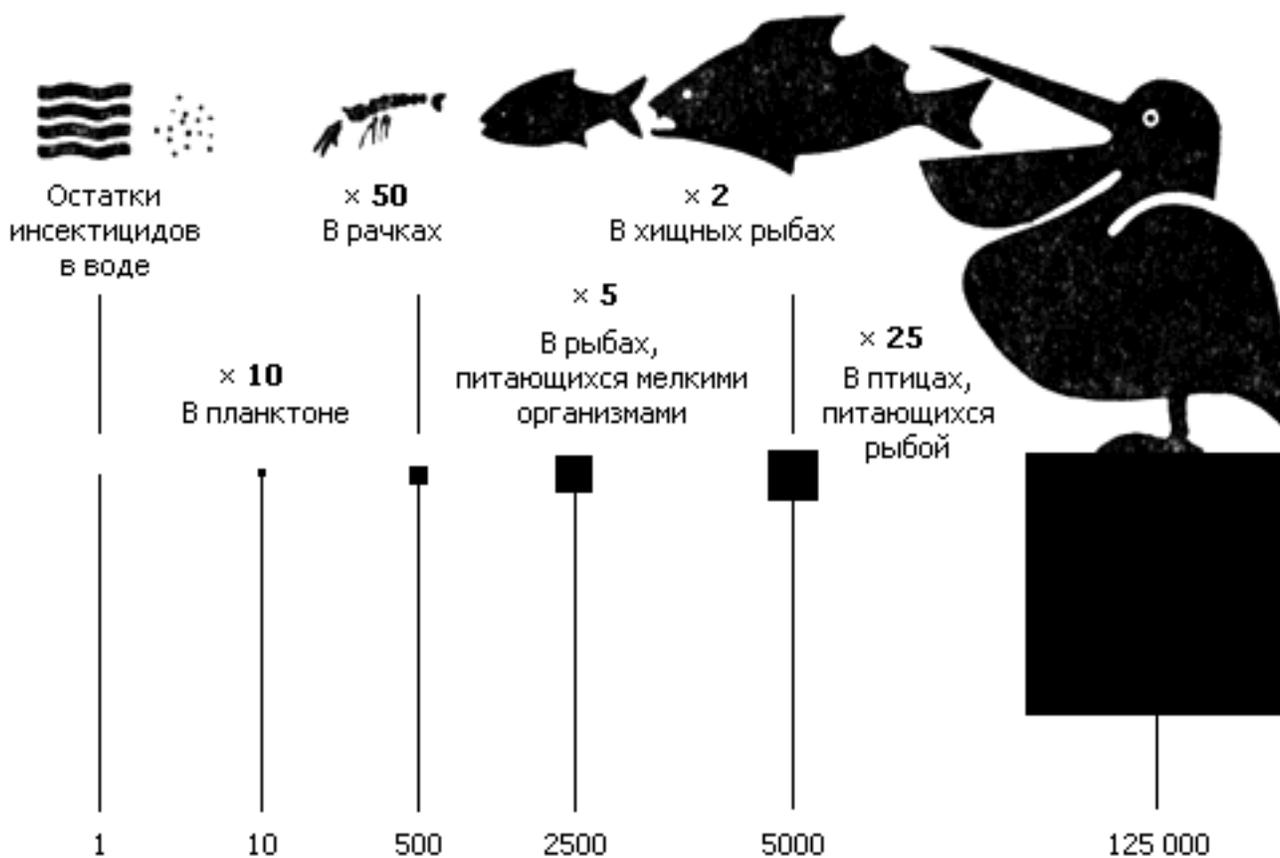
Согласно подсчетам, сделанным в ФРГ в 1981 г., каждый грудной ребенок уже с загрязненным молоком матери получает там в среднем вдвое большее количество ДДТ, в 8 раз больше гексахлорбензола и в 13 раз больше полихлорированных дифенилов, чем это допускается по нормам. Максимальные величины показывают, что в организме некоторых матерей возможно накопление 80-кратных количеств ДДТ, 90-кратных – гексахлорбензола и 60-кратных – поли-С1-дифенилов. Эти данные были бы удручающими, если бы нельзя было предположить, что такую информацию о материнском молоке распространяют фирмы, производящие продукты для детского питания.

В зоологическом саду Лос-Анджелеса недавно погибли многие бакланы и чайки. Перед смертью у них наблюдалась сильная дрожь. После вскрытия были выявлены смертельные количества ДДТ в печени и в мозгу. ДДТ был обнаружен в их основном корме – в рыбе, которую вылавливали вблизи полуострова Палос-Вербес. В 20 километрах от этого места в море вливаются сточные воды из очистных установок Лос-Анджелеса. Хотя в последние шесть лет эти стоки уже не содержали ДДТ, на морском дне до сих пор сохранились отложения, медленно выделяющие в воду

аккумулированный в них ДДТ. Поэтому токсикант может еще и сегодня поглощаться рыбами!

## 18. Аккумуляция ДДТ

Серьезность проблемы токсикантов окружающей среды в целом и накопления их в пищевых цепях в частности, мне кажется, особенно наглядно демонстрируют данные о возможной аккумуляции ДДТ в организме животных. Разумеется, среди приведенных ниже цифровых данных есть и результаты отдельных конкретных исследований, которые пока нельзя обобщить. К тому же эти данные касаются только ДДТ – инсектицида, ныне уже в основном вышедшего из моды. И все-таки они почти мгновенно проясняют ситуацию, в которой мы сейчас находимся!



**Рис. 16.** Накопление токсикантов в водной пищевой цепи (по Stiegele Klee, из Stürmer)

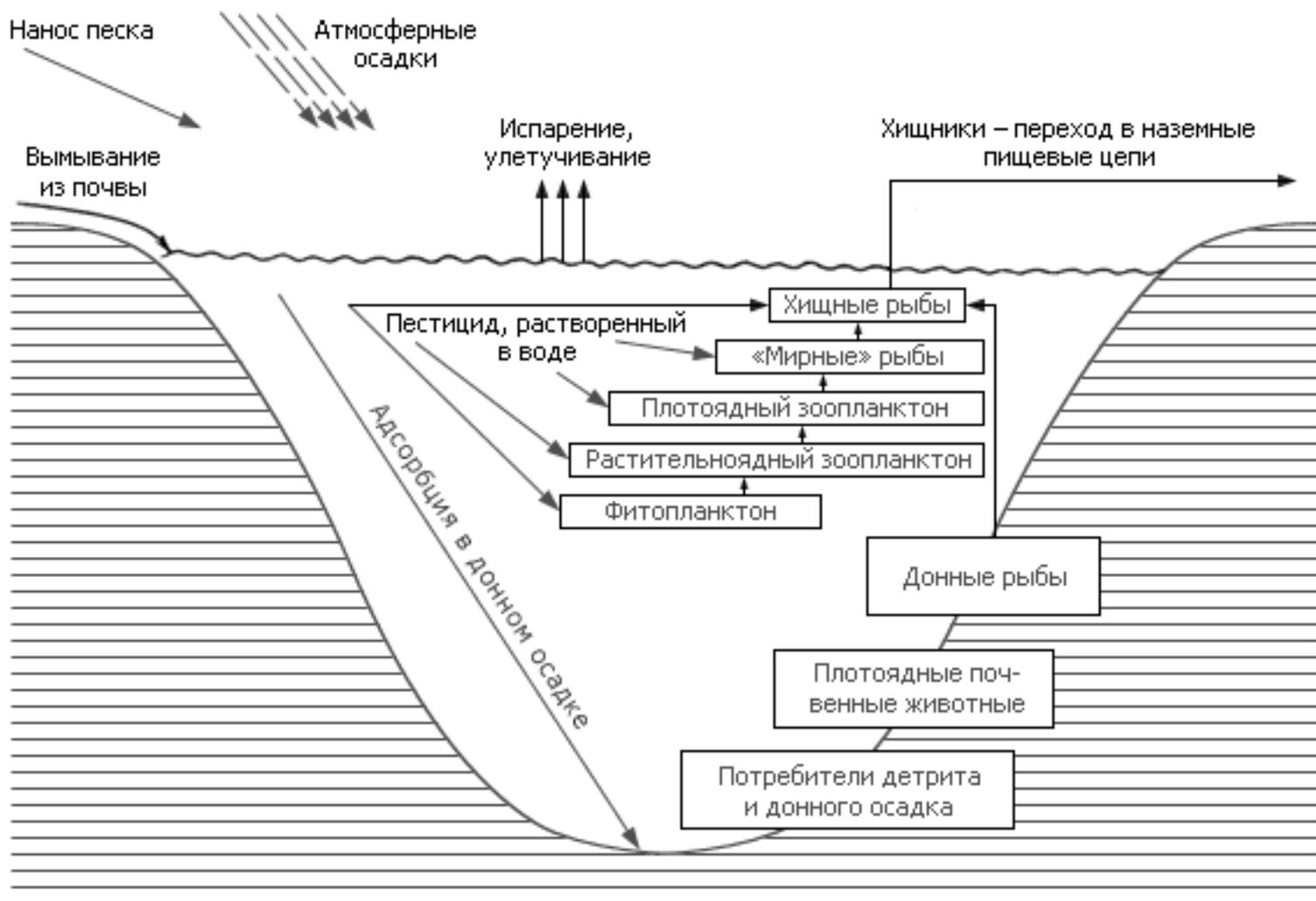
А в связи с тем фактом, что ДДТ сегодня «вышел из моды», можно заметить, что в результате прежнего неограниченного применения его для борьбы с вредителями сегодня в биологическом круговороте должно находиться около миллиона тонн ДДТ. Как известно, из всех хлорорганических инсектицидов ДДТ и продукты его превращений проявляют наибольшую устойчивость в биологических системах (особенно если учесть, что полихлорированные дифенилы помимо прочего могут

возникать и как продукт превращения ДДТ), и период полураспада в «10 лет» для ДДТ тоже, конечно, не при всех условиях можно считать абсолютным. Поэтому не следует удивляться прогнозам экспертов относительно того, что и к 1995 г. нельзя рассчитывать на уменьшение содержания ДДТ в рыбах, хотя уже примерно с 1970 г. его применение было ограничено во всем мире.

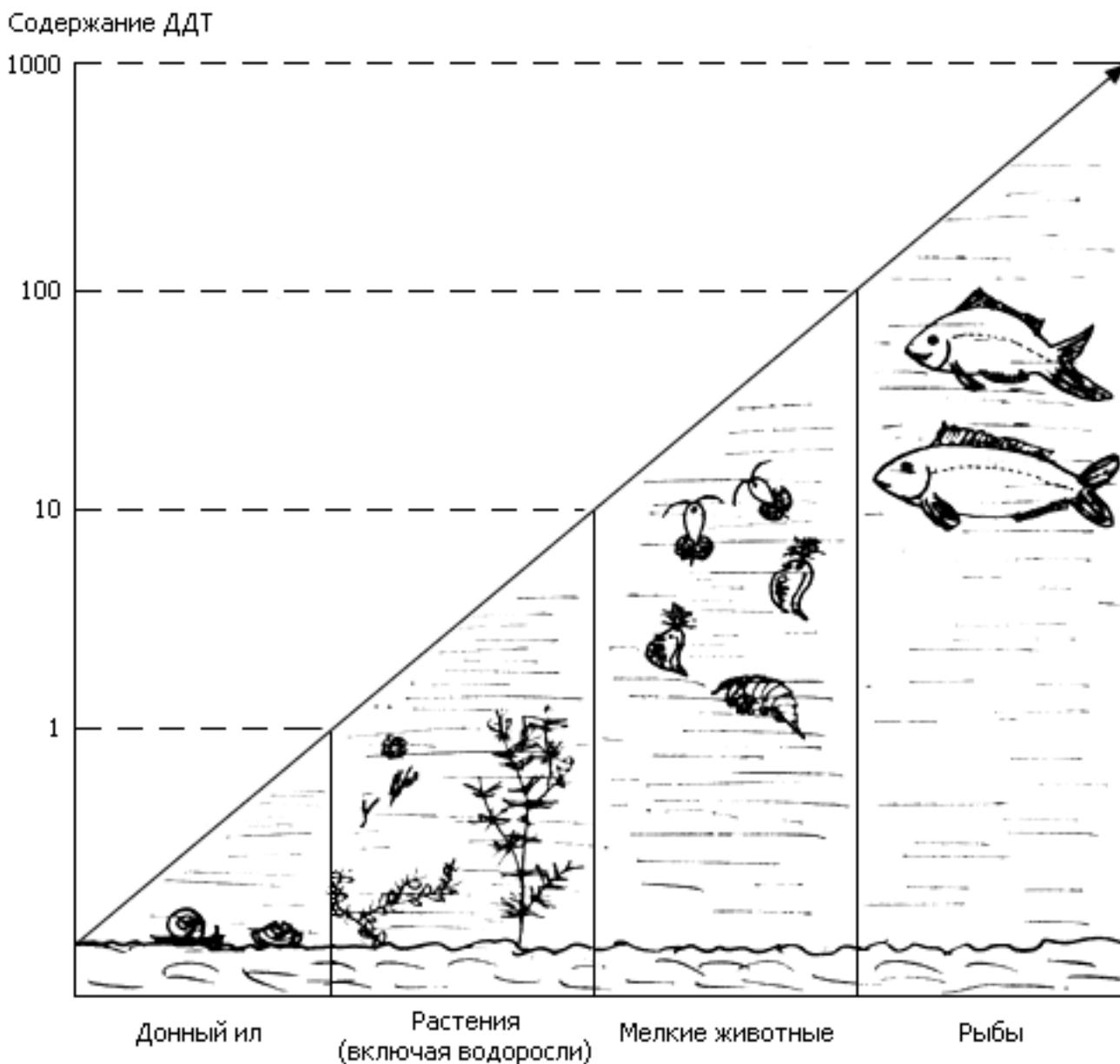
Водоросль кладофора за три дня извлекает из воды столько ДДТ, что его концентрация увеличивается при этом в 3000 раз. Асцидии при поглощении ДДТ из воды концентрируют его в миллион раз.

При исследовании одной экосистемы в озере Мичиган было обнаружено следующее накопление ДДТ в пищевых цепях:

- 0,014 мг/кг (в расчете на сырой вес) в донном иле озера;
- 0,41 мг/кг в ракообразных, питающихся на дне;
- 3...6 мг/кг в различных рыбах (бельдюговые, язь, елец);
- свыше 2400 мг/кг в жировой ткани чаек, питающихся рыбой.



**Рис. 17.** Схема круговорота пестицидов в стоячем водоеме (Gunkel, 1981)



**Рис. 18.** Тысячекратное повышение концентрации ДДТ в пищевой цепи

Дамен и Хейс (Dahmen, Heiss, 1973, S. 4) приводят следующий пример последовательного концентрирования ДДТ:

ДДТ-содержащий ил	1 ×
Растения (водоросли?)	10 ×
Мелкие организмы (рачки?)	100 ×
Рыбы	1000 ×

В основе этого расчета лежит то простое правило, что в каждом последующем звене пищевой цепи содержание ДДТ увеличивается примерно в 10 раз.

Для Антарктики типичны короткие пищевые цепи. Здесь могут быть существенным образом связаны всего лишь три звена, например планктон – планктоноядные морские рачки (криль) – морские млекопитающие (такие, как усатые киты). Однако наряду с этим существуют и другие пищевые связи, включающие водоросли, каракатиц, рыб и бентосные организмы. По сравнению с Антарктикой в других морях пищевые взаимосвязи переплетаются гораздо сильнее и включают большее число ступеней (трофических уровней). Очень схематичное сравнение Южного Ледовитого океана и Северного моря дает такую картину:

Антарктика: фитопланктон – криль (1 г) – финвал (50 т). Северное море: фитопланктон – растительноядные веслоногие рачки (2 мг) – хищные веслоногие рачки – сельдь (200 г) – треска (5 кг)

В грудном молоке кормящих матерей в США содержится в 4 раза больше ДДТ, чем допускается санитарными нормами для коровьего молока. В США это комментируют следующим образом: «Если бы материнское молоко находилось в другой упаковке, его вообще не разрешили бы пускать в продажу».

В 1976...1979 гг. государственная служба химических исследований в Сигмарингене находила в молоке кормящих матерей такие концентрации средств защиты растений и хлорорганических соединений, которые в 20 раз выше уровней, допускаемых для коровьего молока.

В районе Гросс-Герау (южный Гессен) молоко пришлось уничтожить, так как оно содержало остатки пестицидов в недопустимо высокой концентрации.

В одном крупном промышленном центре Средней Европы несколько лет назад было специально исследовано содержание ДДТ в телах *мертворожденных детей*, и неожиданно оказалось, что во всех обследованных случаях оно было довольно высоким – много выше, чем обычно находят в человеческих трупах. Меня упрекали в том, что я сделал из этого недостаточно обоснованный вывод – заключил, что здесь, видимо, должна существовать причинная связь.

## 19. ДДТ как загрязнитель природной среды

С тех пор как мы знаем, что ДДТ подавляет фотосинтез зеленых водорослей, мы можем

больше не тешить себя надеждой, будто морские водоросли смогут со временем стать неисчерпаемым резервом пищи для всего человечества. Ибо мы на десятилетия вперед настолько загрязнили весь мир ДДТ, что это вещество и впредь сможет творить свое черное дело. И если теперь мы уже едва ли будем использовать ДДТ, то все равно его место заступили другие биологически активные вещества, которые тоже вряд ли окажутся безвредными для зеленых водорослей.

В Нидерландах за 1...2 десятилетия численность пестроносых крачек (*Sterna sandvicensis*) снизилась с 40 000 гнездящихся пар до 650. Если даже предположить, что виной тому не один только ДДТ, все же ему, безусловно, принадлежит первое место. При учетах природных популяций животных следует иметь в виду, что ДДТ никогда не действовал один: к нему всегда со временем добавлялись какие-нибудь другие инсектициды. В начале эры ДДТ – в сороковых годах, т.е. сразу по окончании второй мировой войны, первое время действительно не было ничего, кроме ДДТ. И если сегодня мы в Средней Европе почти совсем не применяем ДДТ, то его место заняли новые инсектициды, которые вряд ли менее токсичны для птиц.

В Англии за период с 1968 по 1969 г. было установлено сокращение численности серых славков на 70%, что тоже относят на счет ДДТ. Сходные данные относительно убыли популяции есть и для других видов певчих птиц, однако в большинстве случаев количественные сдвиги не так велики.

Конечно, нам следует исходить из того, что в подобных сокращениях численности повинно не только прямое токсическое воздействие ДДТ (или других инсектицидов). Как известно, ДДТ уже нанес огромный урон насекомым, а тем самым и кормовым ресурсам певчих птиц. Но ведь это тоже результат воздействия ДДТ! Другое дело, когда антропогенные изменения биотопа сокращают местообитания певчих птиц или лишают их возможностей гнездования. Со многими из подобных изменений нам приходится попросту мириться. Тогда тем более трагично, когда к этому добавляются, действуя в том же направлении, еще инсектициды, без которых, в сущности, можно было бы обойтись.

Расчеты показали, что неврологические нарушения в головном мозгу, вызываемые у какого-либо дикоживущего вида птиц даже ничтожными остатками ДДТ, способны поставить под угрозу выживание всего вида. Многие, в первую очередь менее многочисленные, виды птиц и без того находятся в весьма неустойчивом равновесии с окружающей их средой; они еще могут как-то существовать, но достаточно даже одного отрицательного фактора, чтобы это равновесие нарушилось. (Но, безусловно, это никак не относится к домовому воробью).

Серьезная угроза существованию дневных хищных птиц и сов связана в первую очередь с опасностью, которой они подвергаются как концевые звенья пищевых цепей. Другие группы животных, например рукокрылые, сами по себе чрезвычайно чувствительны к ДДТ, и именно поэтому им угрожает вымирание.

Биологическое накопление инсектицидов в пищевых цепях обусловлено устойчивостью этих веществ. Между тем инсектициды, как правило, только тогда могут быть высокоактивными, когда они либо очень ядовиты, либо очень стойки. Поэтому многие выводы из наблюдений, касающихся ДДТ, в принципе можно распространить и на другие стойкие инсектициды. И, к сожалению, в этом отношении имеется уже достаточный опыт [так, например, для кротов (*Talpa europaea*) опасен севин (карбарил)].

## 20. Отказ от применения ДДТ

Я был не только свидетелем, но и активным участником истории оценки инсектицида ДДТ, поскольку в 1944 г. я принадлежал к числу первых немецких биологов, испытывавших действие этого вещества на насекомых, и вскоре после этого, пожалуй, одним из первых стал предупреждать о его токсических свойствах. Когда отрицательные последствия применения ДДТ стали поистине необозримыми, от его использования отказались, и это, безусловно, было верным шагом. Однако я продолжаю придерживаться своих выводов, которые я неоднократно формулировал в лекциях и докладах с самого момента предания ДДТ анафеме: ДДТ был отвергнут не столько по причине его *особой* токсичности, не потому, что он будто бы намного опаснее, чем остальные современные инсектициды, а прежде всего потому, что он был первым синтетическим инсектицидом эры ДДТ и благодаря этому наиболее основательно изучен в токсикологическом отношении. Эти выводы подтвердились, по крайней мере при разработке средств борьбы с насекомыми, опасными для здоровья человека, так как при этом быстро выяснилось, что первые инсектициды, пришедшие на смену ДДТ, ничуть не менее токсичны.

Рюдт (Rüdt, 1978, S. 22) замечает по этому поводу, что запрет на применение ДДТ явился акцией «против одного совершенно определенного хлорорганического соединения» и, таким образом, «позволил отступить на задний план другим соединениям», которые ввиду сходной химической структуры заслуживают по меньшей мере равного внимания.

Фармаколого-токсикологическому изучению ДДТ благоприятствовал к тому же известный «эффект массовой психологии». Каждый работавший в данной области и желавший исследовать механизм действия инсектицидов стремился проводить опыты с ДДТ, даже тогда, когда давно уже имелся большой выбор других инсектицидов – так прочно было еще представление о ДДТ как «образцовом» препарате. И в результате о

ДДТ вскоре стало известно много больше, чем о любом другом веществе с инсектицидной активностью.

Впрочем, пригодность любого биологически активного вещества для борьбы с вредными насекомыми зависит не только от его эффективности в отношении насекомых, но и от его цены. А цена, которую придется платить, в свою очередь зависит, помимо всего прочего, от размеров предприятия, вырабатывающего данный препарат. Строить большое предприятие имеет смысл лишь в том случае, когда производимая продукция будет иметь хороший сбыт. Чем шире применяется инсектицид, тем он становится дешевле (во всяком случае, эта верно в отношении его себестоимости; в отношении рыночной цены – не всегда).

Такая взаимосвязь явилась одной из причин почти универсального применения ДДТ после второй мировой войны, в том числе и в Средней Европе. Уничтожением платяных вшей (*Pediculus humanus*) здесь мы в первую очередь обязаны именно ДДТ. Вслед за этим он прослыл универсальным средством для борьбы со всякого рода вредными насекомыми: и оставался им до той поры, пока, наконец, не была установлена его опасность.

Неограниченное применение должно было бы в любом случае внушить опасение; да оно, в конце концов, вовсе и не было необходимым. После Новой Зеландии СССР стал второй страной, где было запрещено применение ДДТ. Правда, запрет был введен не без оговорок. Имелось два особых случая, когда вначале нельзя было обойтись без ДДТ.

Это были, во-первых, некоторые очаги малярии в отдаленных, мало заселенных горных долинах Узбекистана. Здесь все еще не удавалось полностью искоренить малярию, и именно для этой цели было пока разрешено использовать ДДТ.

А во-вторых, существовали временные поселки в тайге. По какой бы причине там ни сооружали бараки (с целью основать поселок или под общежитие для строителей нефтепровода или геологической экспедиции), всегда приходилось рубить в девственной тайге деревья, и в результате возникала прогалина. Немедленно размножались мыши, а вслед за ними иксодовые клещи – и вот уже готов новый очаг клещевого энцефалита (Eichler, 1980 Н). Эффективно бороться с клещами можно только при помощи ДДТ.

В данном случае речь шла о спасении человеческих жизней. Но и против определенных вредителей леса, борьба с которыми особенно трудна, как в ГДР, так и в ФРГ тоже еще предусматривалось особое разрешение на использование ДДТ. Подобное разрешение, позволявшее в виде исключения применять ДДТ против большого соснового слоника (*Hylobius abietis*) и пихтовой листовертки-толстушки (*Cacoecia murinana*), действовало в ФРГ до конца 1977 г.

Несколько иначе обстоит дело с борьбой против малярии в развивающихся странах Африки. Если там еще и сегодня ВОЗ не только допускает, но даже рекомендует применение ДДТ, то это объясняется, в частности, тем, что любой другой инсектицид, заменяющий ДДТ, стоил бы в 10 раз дороже, и его, вероятно, избегали бы применять; в случае запрета на ДДТ иные из этих бедных стран могли бы вообще прекратить борьбу с инфекционными заболеваниями из финансовых соображений.

---

---

-

-

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 21. История с полихлорированными дифенилами (ПХД)

При химических микроанализах в тех случаях, когда подозревались вредные последствия применения пестицидов, обычно целенаправленно пытались обнаружить ДДТ, а также другие ядохимикаты, применение которых для защиты растений позволяло предполагать наличие их в пищевых цепях. В центре внимания обычно находился ДДТ: с одной стороны, он был наиболее известен, а с другой – хотя его применение и ограничено, зато его остатки отличаются наибольшей стойкостью (то, что дилдрин еще более долговечен, в данном случае не имеет значения).

Методы хроматографии непрерывно совершенствовались, и в один прекрасный день пятно ДДТ разделилось на две части. Только одна из них принадлежала ДДТ; в другой был обнаружен токсичный материал, который до тех пор никогда не искали, так как никогда не предполагали найти. Это были по-лихлорированные дифенилы (ПХД). Каким же образом они могли попадать в пищевые цепи? Сначала это было полной загадкой, и лишь постепенно удалось выяснить, в какой отрасли промышленности они еще применяются в настоящее время. Оказалось, что их, возможно, иногда даже используют (более или менее преднамеренно) при производстве химических средств защиты растений и что уже десятилетия тому назад огромные количества ПХД были включены в циркуляцию биоцидов в природе.

При исследовании токсикантов окружающей среды в настоящее время стали использовать методы криминалистики, в значительной мере из-за известной (в ряде случаев доказуемой) тенденции химической промышленности изображать удивленную невинность при обвинениях в загрязнении среды («допускаю, что подчас это удивление может даже быть непритворным»). В интересующем нас случае химическая промышленность тоже оспаривала свою причастность к внесению ПХД в окружающую среду. Поэтому лишь интуиции и рвению зоологов мы обязаны тем, что сегодня уже неплохо знаем, каким образом ПХД попадает в природную среду; но об этом речь пойдет в следующем разделе.

Непосредственным выводом из полученных данных явилось прежде всего то, что все

предыдущие сведения о вреде ДДТ (например, у птиц – остатки ДДТ в скорлупе яиц из брошенных кладок, погибшие эмбрионы, мертвые птицы), по всей вероятности, нуждаются в коррекции: возможно, что ДДТ повинен в этом только наполовину, остальное – результат воздействия ПХД. Однако вследствие этого лишь сместилась бухгалтерия: ведь если ПХД уже присутствуют в таких количествах, то для того, чтобы вызвать губительный эффект, теперь достаточно будет добавить значительно меньше ДДТ.

Во всяком случае, в качестве токсикантов окружающей среды ПХД ничуть не безопаснее, чем ДДТ: их вредные эффекты вполне сравнимы с теми, которые вызывают ДДТ или метил-ртуть. Грудное молоко у кормящих матерей в Японии насыщено ПХД до концентрации в среднем 32 мкг/кг; это вплотную приближается к предельному уровню, который еще допустим по нормам пищевой гигиены. Поэтому японское правительство рекомендовало беременным женщинам и кормящим матерям есть как можно меньше рыбы или вообще не употреблять ее в пищу.

Для специалиста по охране природы такое положение вещей влечет за собой два удручающих вывода: во-первых, постоянно следует иметь в виду, что в нашем поле зрения неожиданно может вдруг появиться такой токсикант окружающей среды, о котором раньше никто и не думал; во-вторых, именно в случае ПХД речь идет о практически не разлагающемся веществе, которое мы больше уже не сможем вывести из кругооборота природы. Понятно, почему видный шведский специалист по проблеме окружающей среды Йонельс (Johnels) предложил полностью запретить использование ПХД во всех видах технологии!

Эти факты стали известны лишь в последние годы, однако в результате быстрого прогресса науки название «полихлорированные дифенилы» превратилось за это время в более широкое понятие; химический анализ охватывает уже различные типы ПХД, ведется исследование различных путей их появления в природной среде и разнообразных токсических воздействий.

Дополнительная опасность, связанная с ПХД, заключается в том, что они в то же время облегчают поглощение кадмия (и накопление его в почках); например, у подопытных животных содержание кадмия увеличилось почти вдвое.

## **22. ПХД как токсиканты природной среды**

С химической стороны ПХД представляют собой смесь полимеров с различным содержанием хлора (приблизительно от 40 до 60%); по своим физическим свойствам это высоковязкие жидкости. В настоящее время точные анализы ПХД у птиц или рыб в

пищевых цепях позволяют отдельно определять высоко- и низкохлорированные ПХД; последние, по-видимому, аккумулируются живыми организмами в несколько меньших концентрациях, чем высокохлорированные. В специальной литературе по данному вопросу сообщается уже о 39 различных индивидуальных ПХД.

В технике ПХД используются как изоляционные жидкости и жидкости для высоких давлений в трансформаторах, в качестве пластификаторов для пластмасс, лаков и лакокрасочных материалов и, наконец, как материалы-носители и растворители для пестицидов. Кроме того, как уже упоминалось, существует подозрение, что ПХД намеренно (но негласно) добавляют в инсектицидные препараты. Это позволило бы, в частности (например, в случае различных наполнителей), объяснить, почему коммерческие препараты пестицидов, изготавливаемые различными фирмами, даже при будто бы одинаковом процентном содержании одних и тех же активных веществ нередко сильно различаются по своим свойствам.

В биологическом отношении ПХД – одни из самых страшных ядов среди хлорорганических инсектицидов, еще более эффективные, чем ДДТ и, что самое главное, практически неразрушающиеся. ПХД можно обнаружить повсюду: они выносятся со сточными водами в окружающую среду, их находят как в самих сточных водах, так и в речном иле, в морской воде, в древесине, в бумаге. Они выявлены в жировой ткани хищных и морских птиц, а также в их яйцах.

Раньше думали, что главным источником ПХД в воде океанов служит корабельный лак. Теперь известно, что ПХД могут быть продуктами расщепления ДДТ под действием ультрафиолетовых лучей. Однако даже это расщепление ДДТ вместе с современным промышленным применением ПХД еще не объясняет, почему так много ПХД находят сейчас в окружающей нас природной среде. Скорее всего следует предположить, что в этом повинно прежде широкое употребление карболинеума в качестве средства для защиты древесных пород («садовый карболинеум»). Как известно, карболинеум получали путем хлорирования в термических условиях высоко-кипящей каменноугольной смолы, при необходимости в присутствии катализаторов этой реакции. Если при этом в тяжелой фракции каменноугольной смолы оказывался дифенил, то при хлорировании легко могли образовываться хлорированные дифенилы.

В атмосферу ПХД поступают также в результате улетучивания из растений и ягод. В новые жилые дома они попадают в составе лаков, красок и других химикатов, которые находят все большее применение в современной строительной технике. Анализы, произведенные в таких новостройках, выявили (наряду с другими вредными веществами) особенно много ПХД.

Так как в Канаде при проведении лесоохранных мероприятий в составе пестицидов распылялись также и ПХД, то бумага из канадской древесины содержала эти вещества. И при использовании пакетов для муки, изготовленных из такой бумаги, ПХД диффундировали в муку.

Вот цифра, которая как раз у меня под рукой: доза ПХД, равная 5 мг/кг, в суточном рационе американской норки приводила к потере способности к размножению.

У пяти форм ПХД была выявлена четкая канцерогенность в опытах с грызунами. Кроме того, у лиц, в силу своей профессии соприкасающихся с ПХД, была установлена повышенная частота возникновения злокачественных меланом; таким образом, по крайней мере некоторые ПХД могут быть источником канцерогенной опасности для человека.

Хищные птицы, будучи концевыми звеньями пищевой цепи, относятся к особенно уязвимым видам в результате кумуляции таких стойких хлор-органических соединений, как ДДТ и его метаболиты, а также ПХД. Исследования, проведенные в 1974...1975 гг., показали, что, судя по найденным соотношениям ДДТ/ДДЭ, у ястреба-тетеревятника, ястреба-перепелятника и белого аиста намечается снижение содержания этих веществ. «Напротив, остаточные количества ПХД, особенно у хищных птиц, все еще относительно велики».

Таким образом, результаты этих исследований говорят о том, что введенные в ГДР в 1970 г. ограничения на применение ДДТ уже привели к положительным сдвигам. Тот факт, что соотношение ДДТ/ДДЭ в яйцах ястреба-тетеревятника лежит в пределах от 1: 25 до 1: 45, а в яйцах ястреба-перепелятника от 1: 60 до 1: 70, указывает на то, что в последнее время не происходило поглощения неизмененного инсектицида или же оно было очень незначительным. В отличие от этого в Норвегии в период 1965...1967 гг. для яиц ястребов-тетеревятников были получены соотношения от 1: 2,3 до 1: 18.

Накопление липофильных и очень стойких ПХД в яйцах хищных птиц, где их иногда бывает значительно больше, чем остатков ДДЭ, – это, безусловно, результат многообразного использования ПХД в самых различных отраслях промышленности. Найденные концентрации, вероятно, должны вызывать тревогу, особенно в связи с данными Тумасониса и др. (Tumasonis et al., 1973) о том, что у многих цыплят возникали аномалии, когда содержание ПХД в желтке куриных яиц достигало 15 мг/кг или превышает эту величину. Хотя чувствительность разных видов, безусловно, не одинакова, отнюдь не исключено, что высокие концентрации ПХД оказывались причиной бесплодия. *В связи с этим необходимо сделать все возможное, чтобы предотвратить дальнейшее загрязнение окружающей среды полихлорированными*

*дифенилами.*

В озере Верхнем в Северной Америке есть полностью изолированный и охраняемый как заповедник остров Айл-Ройал, на котором находится озеро Сискивит. Рыбы этого озера содержат ПХД в относительно высоких концентрациях. Для того чтобы выяснить, в чем тут дело, был исследован снег, и неожиданно оказалось, что на озере Сискивит свежий снег содержит в 5 раз больше ПХД, чем снег в различных крупных городах США. Это показывает, что в настоящее время ПХД широко разносятся ветром и могут даже в отдаленных нетронутых местностях причинять очень большой (или по меньшей мере значительный) вред окружающей среде.

Лишь недавно была наконец-то найдена возможность обезвреживать ПХД. Быстрые электроны могут изменять структуру ПХД и других находящихся в воде токсикантов, что приводит к частичной или полной потере ими токсичности. Этот эффект основан на том, что высокоэнергетические электроны, сталкиваясь с молекулами воды, расщепляют их на весьма реакционноспособные осколки, в том числе радикалы гидроксила (ОН-группы). Так как эти радикалы связываются в воде с органическими веществами, образуются модифицированные молекулы, например из ПХД – спирты, которые растворимы в воде.

При облучении еще более быстрыми электронами ПХД, содержащиеся в речном иле, могут быть даже полностью обезврежены. Таким образом, намечается способ устранения токсического действия подобных ценных в техническом отношении веществ.

### **23. Дилдрин как токсикант окружающей среды**

Дилдрин (dieldrin) еще более эффективен, но вместе с тем и более стоек, чем ДДТ. В тех случаях, когда у насекомых вырабатывалась резистентность к ДДТ, использовали дилдрин. Однако в Италии применение дилдрина привело к возникновению почти универсальной резистентности к самым различным веществам с инсектицидной активностью.

Когда в ФРГ был введен новый закон о защите растений, требующий полного отсутствия остатков дилдрина в пищевых продуктах, Голландия, как говорят, протестовала против этого. Хотя в настоящее время в этой стране дилдрин как будто бы уже не применяют, в результате его использования в прежние годы почва там уже настолько загрязнена этим веществом, что в ближайшие 9 лет Голландия не сможет экспортировать кочанный салат, не содержащий остаточных количеств дилдрин а.

Однако дилдрин, по-видимому, способен проникать в пищевые цепи и путем одной только диффузии. Работники Лондонского зоопарка вначале терялись в догадках, когда там за несколько лет погибли почти все совы; в конце концов выяснилось, что причина этого – накопление огромных количеств дилдрин в тканях печени и мозга. Догадаться, в чем дело, удалось лишь тогда, когда было установлено, что белые мыши, которыми кормили сов, содержались на опилках, сильно загрязненных дилдрином; это привело к аккумуляции инсектицида в их шкурках и внутренних органах.

Для борьбы с домовыми муравьями (*Monomorium pha-raonis*) на кораблях успешно применялись смолы с добавкой дилдрин, которые наносили вдоль плитусов. В течение многих лет дилдрин постепенно выступал на поверхность и надежно обеспечивал отсутствие домовых муравьев. Если бы сам дилдрин не был так токсичен для теплокровных, то подобный метод можно было бы считать идеальным способом борьбы с насекомыми (в том числе и с тараканами).

В Англии несколько лет тому назад в различных местностях добровольно отказались от применения хлорорганических соединений. Там, где перестали применять алдрин и дилдрин, вновь увеличились популяции сокола-сапсана, пустельги и ястреба-тетеревятника. Это считают доказательством того, что причиной сокращения численности различных видов хищных птиц в Великобритании являются прежде всего алдрин и дилдрин. [Между тем в ГДР соколы-сапсаны вымерли – возможно, в результате воздействия ДДТ, но, безусловно, не алдрин или дилдрин, которые тогда еще широко не использовались (их применяли только в опытном порядке).]

## 24. Пентахлорфенол как токсикант окружающей среды

Средства, содержащие пентахлорфенол (ПХФ), раздражают слизистые оболочки, и это следует учитывать при их использовании. Относительно того, не приводит ли применение Na-ПХФ для борьбы с малым прудовиком в условиях открытого грунта к другим вредным воздействиям на окружающую среду, мне ничего не известно. После применения ПХФ-содержащего препарата в жилых домах в качестве консерванта древесины поступили жалобы на причинение вреда здоровью людей, но федеральное ведомство по вопросам здравоохранения оспаривало выявляемые причинные связи; однако в моче лиц, живших в зоне обработки, определялось больше ПХФ, чем у остального населения.

Новейшие данные все же позволяют считать препараты; ПХФ довольно токсичными (из-за примесей или продуктов превращения), так что применение их уже запрещено (в том числе и по причине опасности значительного загрязнения окружающей среды).

В последнее время в устье Везера в кольчатых червях и двустворчатых моллюсках определяется повышенное содержание ПХФ. Пока не выяснено, каким образом ПХФ попадает в воды Везера. В одном литре воды; из этой реки находили до 500 нг ПХФ. Согласно приблизительным подсчетам, при такой концентрации за год в Северное море с водой Везера выносится около тонны этого вещества.

И все же эта концентрация, по-видимому, еще очень далека от того, чтобы вызывать хроническое отравление даже у многощетинковых червей. К тому же эти кольчатые черви накапливают ПХФ значительно более интенсивно, чем другие морские животные.

## **25. ДДВФ (дихлорфос) как токсикант окружающей среды**

Испарение дихлорфоса – это, пожалуй, самый удобный метод, применяемый для полного освобождения жилых помещений от насекомых (исчезает даже домовый муравей). Проще всего проводить дезинсекцию самолетов (и предотвращать тем самым трансконтинентальный перенос насекомых), пропуская дихлорфос вместе со струей воздуха через салон. Правда, от такой обработки теперь отказались – не потому, что она вызывает у пассажиров сильный кашель, и не потому, что дихлорфос может стать причиной генетических повреждений (он алкилирует ДНК), а из-за того, что он отрицательно влияет на прочность алюминиевых конструкций самолета.

## **26. Проблема токсичных продуктов метаболизма**

Когда изучение пищевых цепей находилось в начальной? стадии, утверждали, что многие инсектициды очень скоро перестают обнаруживаться в организме. Теперь известно, что во многих случаях это имело место только потому, что они превращались в другие соединения; и оказалось, что нередко эти продукты превращения (метаболиты) еще более токсичны, чем исходные инсектициды. В ряде случаев инсектицидное действие вещества зависело как раз от того, что оно подвергалось превращению в организме насекомого.

В настоящее время при проведении исследований по токсикологии пестицидов всегда стараются выяснить также и метаболизм каждого применяемого вещества в пищевой цепи. Часто это совсем непросто – химик никоим образом не может сделать соответствующие выводы исходя из знания одной лишь структурной формулы, тем более что приходится учитывать и самые различные комбинационные эффекты.

Особенно примечателен пример, приводимый Рюдтом (Rüdt) относительно диэтилового эфира пирогальной кислоты (диэтилпирокарбоната). Этот препарат для обработки вина (коммерческое название – байковин) «применялся с целью

предотвратить брожение вина после розлива. Казалось, его можно было считать совершенно безвредным, так как в вине он распадается с образованием этилового спирта и угольной кислоты – компонентов, всегда естественно присутствующих в вине. Однако с помощью усовершенствованных методов анализа удалось установить, что это вещество в малых количествах может реагировать с другими компонентами вина, образуя соединение, сходное по своей структуре с определенными снотворными средствами, которое в пищевом продукте следует считать по меньшей мере нежелательным, если не опасным для здоровья. В связи с этим разрешение на использование этого препарата было отменено».

И пусть не говорят, что мне не следовало приводить этот пример, потому что дело уже улажено – применение данного средства ныне уже не допускается. Но разве этот пример не демонстрирует, что может еще произойти? И если Рюдт приводит его для того, чтобы успокоить своих читателей, потому что ошибка исправлена, то я хочу на этом примере показать, какими неожиданными и сложными могут быть обстоятельства.

## 27. История с полибромированными дифенилами (ПБД)

Среди изделий Мичиганской химической компании имелось огнезащитное средство для текстильных товаров «Файрмастер», содержавшее ПБД, и кормовая добавка для скота. И вот в 1973 году случилось то, что, как известно, время от времени происходит в промышленности, – была перепутана тара и таким образом огнезащитное средство попало в контейнеры, в которых обычно перевозили кормовую добавку. В результате на комбикормовом заводе к корму для скота было примешано около 1000 кг высокотоксичного огнезащитного средства\*.

---

\* Известные мне сообщения расходятся в деталях. В одном из них говорится, что неграмотный водитель грузовика этой фирмы перепутал два груза.

Спустя несколько месяцев среди скота появились тяжелые заболевания (деформация копыт, припухлость суставов) и случаи падежа. В целом, судя по имеющимся сведениям, погибли десятки тысяч коров, свиней и кур. У остальных животных, пострадавших от ядовитого корма, повысилась восприимчивость к инфекционным заболеваниям.

По незнанию действительных обстоятельств трупы павших животных были отправлены на специальные предприятия для переработки на корм для скота, так что в итоге яд через пищевую цепь дошел до всех потребителей продуктов животного происхождения в Мичигане. Таким образом более 9 миллионов человек ввели в свой организм ПБД. Часть мяса отравленных животных была переработана даже в продукт для детского питания.

Острое отравление у людей проявлялось в бессоннице, потере аппетита, болях в животе и поносе, беспричинно возникающих депрессиях, а также в отечности пальцев рук и ног и лучезапястных суставов. Кроме того, сообщалось о потере памяти, мышечной слабости и головных болях. У детей обращала на себя внимание чрезвычайная подверженность простудным заболеваниям.

Между тем нам известно, что полибромированные дифенилы, которые сейчас наряду с применением в качестве противопожарных средств приобрели также значение для промышленных химических синтезов (практически важны по меньшей мере четыре из этих соединений), во многих отношениях ведут себя подобно полихлорированным дифенилам. Однако мы пока очень мало что знаем об экологических аспектах ПБД: ведь в конце концов эти вещества приобрели коммерческое значение лишь в конце шестидесятых – начале семидесятых годов. Так что мы должны еще быть готовы к дальнейшим сюрпризам!

## **28. Мышьяк как токсикант окружающей среды**

Против легкомысленного отношения к радиоактивным отходам всегда выдвигают тот довод, что они и через тысячелетия будут опасны для человечества. Относительно мышьяка известен сходный случай, где речь идет об остатках 80-летней давности. Именно столько времени прошло с той поры, когда венгерские виноградари имели обыкновение чистить свои опрыскиватели после их применения против филлоксеры на совершенно определенном участке горного склона. Позже мышьяк перестали применять в виноградарстве – хотя бы из-за того, что он был повинен в ставшем классическим «раке виноградарей», – и этот участок тоже был забыт. Но он напомнил о себе весьма неприятным образом, когда целая семья постепенно вымерла от мышьякового отравления. Эта семья построила себе дом вблизи того самого участка, и к тому же именно на нем был выкопан колодец. Первые две смерти еще на вызвали подозрений, и лишь гибель третьего члена семьи возбудила тревогу и привела к раскрытию причинной связи.

Многие моющие средства содержат такое количество мышьяка, что при кухонной работе существует реальная опасность всасывания его через кожу (поэтому хозяйки нередко работают с такими средствами в резиновых перчатках), и в настоящее время в связи с этим уже заметно возросли цифры содержания мышьяка в речных водах (а возможно, и в грунтовых).

В 1971 г. было решено захоронить 2800 тонн известковой суспензии с 10%-ным содержанием мышьяка в выработанной шахте вблизи Пейне, однако удобства ради некоторые водители автомашин сбросили свой груз на различных мусорных свалках

федеральной земли Северный Рейн-Вестфалия (ФРГ). Содержащихся в нем 280 тонн мышьяка хватило бы на то, чтобы погубить почти все человечество.

Для самих водителей груз не был опасен. Только тогда, когда мышьяковая суспензия высыхает и распыляется, вдыхаемый воздух становится ядовитым. Разумеется, существует еще опасность, что мышьяк будет смыт дождями в грунтовые воды.

Промышленные сточные воды, содержащие мышьяк, при спуске в море в северных районах опаснее, чем в тропиках. Это связано с тем, что водоросли тропических водоемов способны поглощать мышьяк и обезвреживать его: поглощая растворенный арсенат, они восстанавливают его в арсенит и затем (при помощи ряда неизученных химических реакций) связывают с фосфолипидами, которые сохраняются в растворенном состоянии в жировых капельках или в клеточных мембранах.

Однако в нетропических водоемах сходные водоросли отравляются мышьяком – значит, они не в состоянии нейтрализовать его. Это связано с гораздо более высоким содержанием фосфатов в водах северных областей океана; по этой причине там нет водорослей, способных обезвреживать арсенаты. В этом случае мышьяк аккумулируется в клеточном белке и убивает водоросли; или же он накапливается в телах животных, занимающих в пищевой цепи более высокое положение.

## **29. Свинец как токсикант окружающей среды**

Свинец относится к наиболее известным ядам и даже среди современных токсикантов играет весьма заметную роль.

Во времена расцвета Древнего Рима были введены в употребление свинцовые трубы для водопроводов и металлические сплавы, содержащие свинец, для кухонной посуды и сосудов для питья. Мы можем с уверенностью полагать, что в этот период у представителей высших слоев римского общества в организме накапливались повышенные количества свинца. Исследование содержания свинца в скелетах из захоронений того времени подтверждает это предположение. На этих данных базируются теории, объясняющие упадок римского могущества хроническим свинцовым отравлением тогдашней интеллигенции.

Во всяком случае, ухудшение умственных способностей в результате накопления свинца в организме недавно удалось продемонстрировать Шлипкётеру (H. W. Schlipkötter), руководителю Института силикоза и охраны воздушной среды в Дюссельдорфе. Он исследовал у детей содержание свинца в молочных резцах и одновременно их умственное развитие при помощи тестов. Дети с высоким содержанием свинца в зубах

во всех случаях хуже справлялись с предлагаемыми задачами. Создается впечатление, что все процессы, требующие языковых навыков и внимания, очень чувствительны даже к относительно малым концентрациям свинца в организме.

Крысы, получавшие такие количества свинца, которые они могли бы поглотить в экстремальных условиях промышленного центра, показали «значительное ослабление способности к обучению». В отличие от контрольных животных, содержащихся в нормальных условиях, крысы, отягощенные большими дозами свинца, несмотря на усиленную тренировку, были не в состоянии распознавать различные фигуры.

Как бы то ни было, – если уж вернуться к вопросу о древних римлянах, – свинец легко переходит из стенки сосуда в жидкость, которая в него налита. Это показывает опыт с керамическими сосудами, покрытыми свинцовой глазурью, которые в прошлом импортировались из Канады в ФРГ.



**Рис. 19.** Снижение численности жука-нарывника *Meloe violaceus* в Финляндии: распространение этого вида до 1960 г. (косая штриховка) и после 1960 г. (кружочки). Пожалуй, никакие другие насекомые не реагируют так сильно, как паразитоиды. Снижение численности названного вида началось еще до интенсивного использования средств защиты растений в сельском хозяйстве. Очевидно, оно могло быть вызвано также и выхлопными газами в результате интенсивного развития транспорта; возможно, действовали и другие факторы. Подобные наблюдения отмечены и для

Средней Европы. (Nuorteva et al., 1983).

Один литр фруктового сока или вина, находившегося в таком сосуде на протяжении одного дня, содержал столько свинца, что маленький ребенок, выпив этот литр, мог бы получить смертельное свинцовое отравление.

Согласно Рюдту (Rüdt, 1978, S. 34), свинец, «подобно другим тяжелым металлам, включается в различные клеточные ферменты, и в результате эти ферменты уже не могут выполнять предназначенные им в организме функции». Субклиническое отравление свинцом проявляется неспецифичными симптомами. Вначале отмечают повышенную активность и бессонницу, позднее – утомляемость, депрессии, запоры и т. д. В медицинской практике свинцовое отравление в большинстве случаев диагностируют неверно и почти всегда истолковывают и лечат как психогенное заболевание.

Более поздними симптомами являются расстройства функции нервной системы и поражение головного мозга. Штёфен (Stöfen) даже склонен объяснить свинцовым отравлением агрессивность и преступность, столь характерные в наши дни для многих крупных городов. Относительно взаимодействия свинца с другими вредными факторами пока еще почти ничего не известно. В наше время в роли токсикантов окружающей среды выступают прежде всего алкильные соединения свинца, которые примешивают к автобензину в качестве анти-детонаторов: высокая токсичность их для человека была установлена так поздно из-за того, что до сих пор о ядовитости соединений свинца судили исключительно по данным о содержании в организме издавна известного неорганического свинца. Только в ФРГ в 1969 г. грузовыми автомашинами было выпущено в воздух 7000 тонн свинца. Согласно Хасянену (Häsänen), в Балтийское море ежегодно поступает 5400 тонн свинца, причем 75% этого количества попадает из воздуха. После этого не стоит удивляться тому, что в последнее время было установлено заметное повышение содержания свинца в льдах Гренландии, или тому, что в нашей пище находят свинец в количестве до 2 мг/кг – прежде всего в листовых и стеблевых овощах (а также в корнеплодах) и в молочном порошке (тоже до 2 мг/кг); и наконец, тому, что около двух третей всего поглощаемого количества свинца человек получает, потребляя растительные продукты.

Компостирование органических отходов в районах с высокой плотностью населения может привести к росту концентрации свинца до нескольких сотен миллиграммов на 1 кг. В Дании содержание свинца в осадке из отстойников достигло даже 4700 мг/кг!

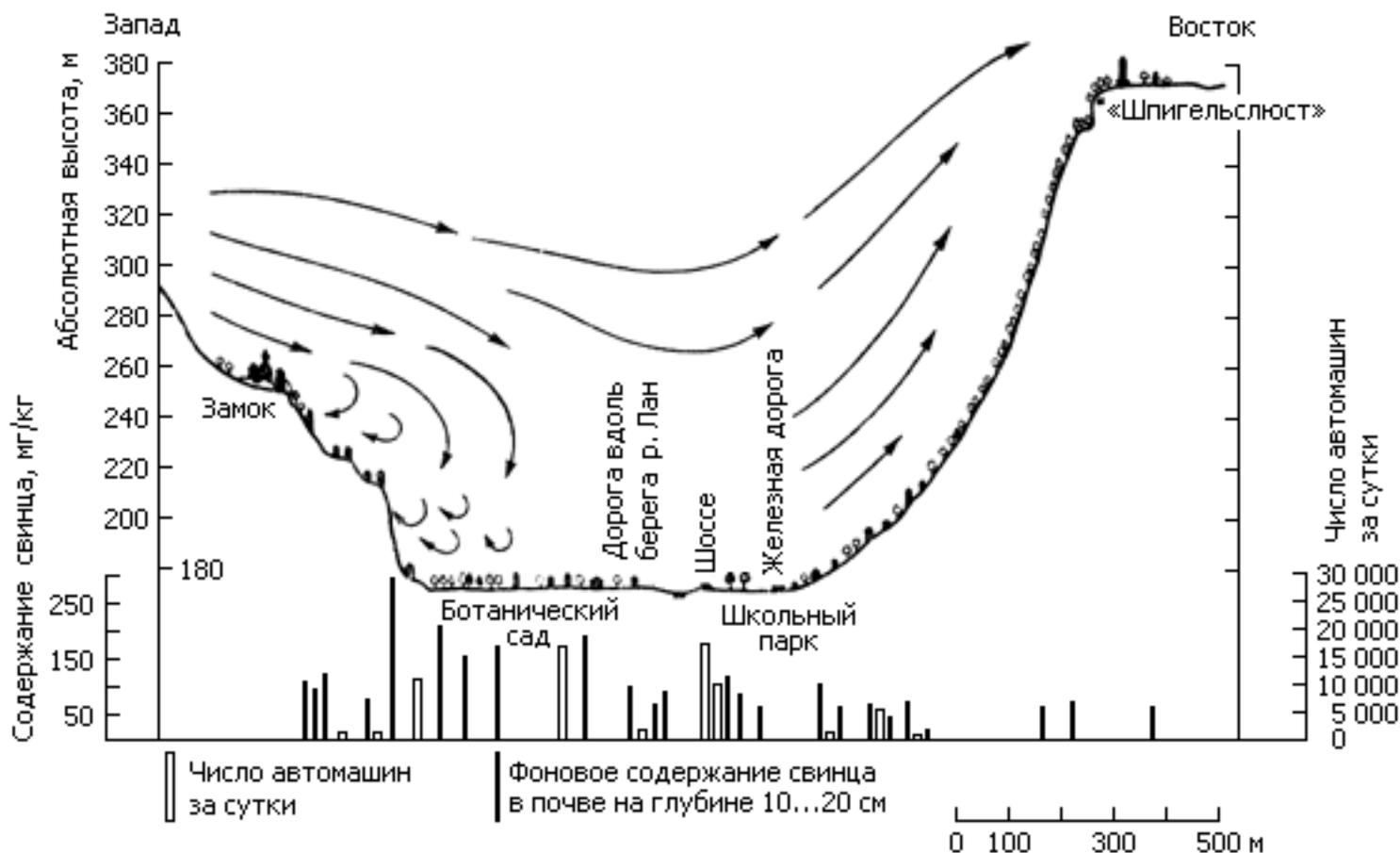
В последнее время стало известно, что содержание вредных веществ в воздухе можно уменьшить почти в четыре раза, если по обочинам автострад высадить определенные виды деревьев и кустарников. Разумеется, плоды деревьев, растущих около дороги (в

полосе до 50 метров от нее), не следует употреблять в пищу. Точно так же и территории вокруг промышленных предприятий нельзя использовать в сельскохозяйственных целях – их следует использовать под лесопосадки.

Люди, живущие в городе около магистралей с интенсивным движением (даже если они сами не пользуются автомашиной), подвергаются риску аккумулировать в своем организме всего лишь за несколько лет такое количество свинца, которое намного превышает допустимые пределы. Я знаю один подобный случай во Франкфурте-на-Майне: моя приятельница из-за этого переехала в другую часть города, и через несколько лет содержание свинца в ее организме вновь снизилось до приемлемого уровня.

В Швейцарии в одном индустриальном районе у тех, кто жил около кантонального шоссе с оживленным движением (от 5000 до 6000 автомашин в день), раковые заболевания возникали приблизительно в 9 раз чаще, чем у тех, кто жил в 400 м от того же самого шоссе. Разумеется, это связано, вероятно, не только со свинцом; выхлопные газы автомашин содержат также бензпирен, давно известный канцероген. В присутствии свинца это действие бензпирена, возможно, еще усиливается.

Какое влияние могут оказать выхлопные газы автомашин, содержащие свинец, на ближайшее окружение магистральной дороги с интенсивным движением – это, конечно, в очень большой мере зависит от местных условий. Мюллер (Müller, 1979) обследовал в этом отношении город Марбург, который он избрал потому, что этот город расположен в вытянутой с севера на юг узкой долине реки Лан: такое расположение центральной зоны города и высокая плотность застройки и зеленых насаждений ведут при средней силе ветра в приземном слое к непропорционально большому загрязнению вредными веществами.



**Рис. 20.** Город Марбург расположен на реке Лан, в узком отрезке долины, ориентированном с севера на юг. На рисунке схематически представлено содержание свинца в верхних (10...20 см) слоях почвы («почвенный кадастр по свинцу»), а также интенсивность движения транспорта в различных контрольных пунктах. Из рисунка видно, что свинцовая пыль, вылетающая вместе с выхлопными газами автомашин, при определенных токах воздуха может рассеиваться на довольно большие расстояния. Именно этим можно объяснить высокое содержание свинца в почве зоны отдыха «Шпигельслюст» (справа), где практически нет движения автомашин, а также на склоне горы ниже замка (слева) (Схема F. Heinrich по Müller, 1979, S. 109)

Эти результаты исследований Мюллера наглядно представлены на профиле, взятом из его работы (рис. 20). Свинцовая пыль, исходящая от автомобилей, может оседать на значительных расстояниях. Так, например, на вершине горы Шпигельслюст содержание свинца в верхнем 50-сантиметровом слое почвы составляет свыше 120 мг/кг. На расстоянии по горизонтали более 600 м при перепаде высот почти в 200 м накопление свинца намного превышает 80 мг/кг. Из этого можно заключить, что возможна значительная инфильтрация свинца и в более глубокие слои почвы, а также в грунтовые воды. Поэтому, несомненно, было бы полезно составлять для угрожаемого населенного района «свинцовый кадастр», который давал бы представление о средней загрязненности вредными веществами автомобильных выхлопных газов, а также о локальных процессах обмена и перемешивания приземных слоев воздуха. Конечно, подобный кадастр не может заменить измерения фактического загрязнения воздуха

компонентами выхлопных газов.

В СССР после разработки соответствующих микротоксикологических методов уже давно практикуется следующее: в случае превышения определенного порогового уровня свинца в воздухе бензозаправочные станции соответствующего города в дальнейшем снабжаются только бензином, не содержащим свинца. В то же время была разработана нетоксичная антидетонационная присадка на марганцевой основе, которая должна заменить в бензине присадку тетраэтилсвинца.

В окрестностях города Норденхама (ФРГ) без конца гибли коровы на пастбище. В результате исследования их трупов выяснилось, что причиной этого было свинцовое отравление. При массовом рентгенологическом обследовании школьников Норденхама у 32 детей также были выявлены темные полосы на длинных трубчатых костях, обусловленные присутствием свинца. Источником свинца оказались трубы металлургического завода Фридриха-Августа, находящегося в ведении Прусского акционерного общества. Дым из труб стлался на три километра вокруг, воздействуя на людей, животных и вещи. Теперь население поставленного под угрозу района следует данным ему рекомендациям есть поменьше овощей и фруктов с собственного огорода, а молоко из Норденхама смешивать с молоком коров из каких-нибудь других мест.

В «Зоопарке у моря», находящемся в 7 километрах от города Норденхама, в 1973 году в тропическом вольере была поселена небольшая колония летучих собак (калонгов). Потомство беспрестанно погибало: за 6 лет родилось 24 животных и из них 20 умерло. Результаты патологоанатомического исследования, проведенного Химическим институтом Высшей ветеринарной школы в Ганновере, показали, что смерть большинства животных была вызвана свинцовым отравлением (у 4 особей содержание свинца в печени составляло от 1,6 до 9,4 мг/кг). Расследование причин показало, что свинец почти не поступал с пищей (например, фруктами или помидорами): его в виде пыли приносил в район зоопарка ветер (к тому же вместе с кадмием).

Свинец (так же как и другие тяжелые металлы, например кадмий или ртуть) отрицательно влияет на реакцию палочек сетчатки. Поэтому повышенное содержание свинца в человеческом организме помимо многих других отрицательных эффектов вызывает также ухудшение сумеречного зрения. Таким образом, положение водителей автотранспорта вдвойне опасно: и потому, что в их организм попадает больше свинца, и потому, что как раз для них нарушение сумеречного зрения может иметь катастрофические последствия.

У коренных жителей резервации Суглук в северном Квебеке было установлено очень высокое содержание свинца в крови. Во многих случаях оно составляло более 1 части

на 12 млн, т.е. было в 10 раз выше так называемого допустимого предела. Главную пищу аборигенов составляет здесь китовый и тюлений жир.

Устрицы осуществляют более чем 500-кратное концентрирование свинца, поглощаемого из окружающей воды.

Если свиней кормят мукой из китового мяса (даже если в корме всего лишь 1% этой муки), то в мясе свиней создается более высокая концентрация свинца, чем это допускается для товарной рыбы. В Австралии многие свиньи получают с кормом более 1% китового мяса, так что содержание свинца в австралийской ветчине может в 5...10 раз превышать тот уровень, при котором рыба уже признается вредной для здоровья.

По-видимому, существуют различия между мхами и высшими растениями в поглощении свинца и в его распределении в тканях. У различных мхов были найдены электроноплотные отложения свинца в ядрах, пластидах, вакуолях, митохондриях и плазмодесмах. В отличие от этого у рдеста (*Potamogeton*) свинец изолирован в виде электроноплотного осадка в клеточной стенке и лишь в незначительном количестве поглощается путем пиноцитоза. Видимо, таким же образом живые деревья депонируют свинец в коре вне клеток в форме электроноплотного материала. Эти различия могли бы быть одной из причин чувствительности низших растений к загрязнению воздуха.

Свинец, поглощаемый листовыми овощами, в основном (95%) аккумулируется из воздуха и лишь небольшая часть (5%) – из почвы.

Наконец, есть еще один особый вид свинцового отравления, от которого в настоящее время погибает больше половины лебедей-шипунгов в Англии. Дело в том, что лебеди, шаря по дну в прибрежной зоне в поисках гравия для мышечного желудка, проглатывают упавшие в воду свинцовые шарики или грузила в виде кусочков свинца, оброненные рыболовами. Гравий в мышечном желудке нужен им для растирания водных растений, и обычно это бывают кусочки кварца или полевого шпата, запасы которых им требуется все время пополнять. Проглоченный же по ошибке мягкий кусочек свинца размалывается твердыми камешками, и частицы его растворяются пищеварительными соками, после чего свинец проникает в кровеносное русло и отравляет лебедя.

В отличие от Великобритании, где отмечено частое отравление лебедей в результате заглатывания грузил, в Дании эта причина – исключение (Andeson-Harild, частное сообщение). Здесь весьма распространена охота на мелководье, и потому повсюду в донных отложениях встречается дробь от охотничьих патронов, которую подбирают лебеди, что приводит к их отравлению свинцом. Этим объясняется, почему в США

разрешено использовать только стальную дробь.

**Рис. 21.** Рентгеновский снимок задней части тела датского лебедя-шипунa (*Cygnus olor*) позволяет опознать свинцовую дробь (Из Anderson-Harild)

В Дании на лебедей-шипунa охотятся с использованием свинцовой дроби, но подстреленные лебеди нередко выживают. На рентгеновских снимках видны свинцовые шарики. Свинец в таком количестве не всегда вызывает отравление; лебедь, представленный на фото (рис. 21), погиб от свинцового отравления в результате заглатывания свинцовой дроби. Бывает, что и у людей, съевших убитую свинцовой дробью дичь, появляются симптомы свинцового отравления. В США из-за токсичности свинца для охоты на уток стали пользоваться дробью из стали, но такая дробь не только дороже, но и сложнее в обработке; из-за своего меньшего удельного веса она стала причиной того, что существенно увеличилось число погибающих подранков в сравнении с гибелью от патронов со свинцовой дробью. Хотя промышленность вот уже 40 лет пытается найти полноценную замену свинцовой дроби, до сих пор осуществить это не удалось.

В Баварии, где в тирах практикуется стрельба по глиняным муляжам голубей свинцовыми пулями, недавно потребовали принятия мер к тому, чтобы эти пули не попадали в грунтовые воды, так как это создает серьезную опасность загрязнения воды свинцом.

### 30. Этилированный бензин и пищевые цепи

Этилированный бензин стал известен как биоцид, попадающий в пищевую цепь, после того как в США по непонятным вначале причинам погибло несколько телят и лишь в результате вскрытия был поставлен диагноз «свинцовое отравление». Тут только вспомнили, что этих телят поили молоком коров, питавшихся травой, скошенной на обочинах автострад.

Об этом факте узнали также и крестьяне Нижней Саксонии, и с тех пор многие из них по краям автострад сажали один только салат и продавали его потом в городе. (Правда, при основательной промывке такого салата водой можно отмыть *какую-то часть* свинцовых остатков, аккумулялированных из воздуха автострад.)

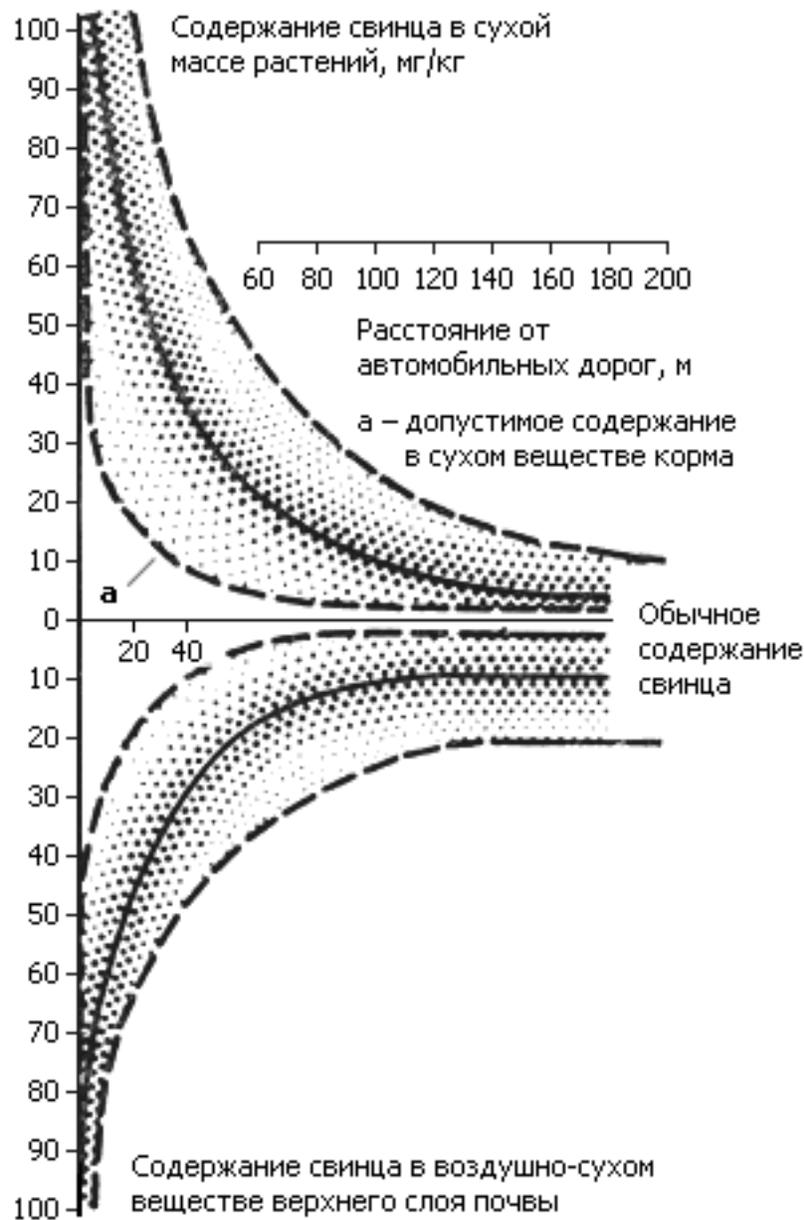
В Австрии в затруднительном положении оказались зайцы на интенсивно обрабатываемых сельскохозяйственных угодьях. Животные не находили там больше сорняков, которые они так охотно поедали. Сорняки росли еще только по краям дорог, однако на проселочных дорогах растения были настолько загрязнены свинцом, что в

результате зайцы сами накапливали свинец. И если они от этого не погибали, то все же становились уже не такими проворными и легко попадали под колеса автомашин. Ондершека (Onderscheka) подсчитал, что трех зайцев, съеденных за одну неделю, вполне достаточно, чтобы охотник мог заболеть в результате свинцового отравления.

Согласно исследованиям Ондершека, концентрация свинца в пернатой дичи часто бывает намного выше, чем это, например, допускается нормами, установленными в ФРГ (должно быть не более 0,3 мг/кг). Серые куропатки и фазаны больше страдают от загрязнения свинцом и кадмием, чем бекасы, что объясняется интенсивным обменом веществ у последних.

Во второй редакции закона о допустимом содержании свинца в бензине в ФРГ предельная концентрация была снижена до 0,15 г на 1 л бензина. Спустя довольно долгое время Институт непаразитарных болезней растений Федерального биологического управления исследовал пробы различных кормовых и пищевых растений, растущих у автострад с интенсивным движением, и обнаружил весьма заметное снижение свинцового загрязнения по сравнению с данными, полученными в предыдущем году для тех же мест.

Ввиду того что в США недавно ввели очень строгие правила, ограничивающие выброс выхлопных газов, автомобильная промышленность ФРГ стала выпускать для экспорта в США машины определенного типа с очень хорошей (соответственно требованиям США) очисткой отработанных газов. Эти машины экспортируются только в США, а на местный рынок *до сих пор* поступают старые модели, поскольку в ФРГ таких строгих ограничений нет.



**Рис. 22.** Накопление свинца в растительности (вверху) и в верхних слоях почвы (внизу) в зависимости от расстояния до автомагистрали (По Kloke из Koch, 1979)

В листе на гектаре лиственного леса около Вены (Австрия) содержится 376 г свинца. Это количество свинца попадает вместе с опадом в почву и остается там, если лесопарки не подвергают очистке. Удаление опавшей листвы – мера сама по себе небезопасная, но при этих обстоятельствах она будет полезной. Встает, однако, вопрос: куда девать листву, содержащую свинец?

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 31. Кадмий как токсикант окружающей среды

Тяжелый металл кадмий вообще представляет собой один из самых опасных токсикантов среды (например, он значительно токсичнее свинца). В природной среде кадмий встречается лишь в очень малых количествах – именно поэтому его отравляющее действие было выявлено лишь недавно. Дело в том, что только в 2...3 последних десятилетия он стал находить все большее техническое применение. Он содержится в мазуте и дизельном топливе (и освобождается при его сжигании!), его используют в качестве присадки к сплавам, при нанесении гальванических покрытий (кадмирование неблагородных металлов), для получения кадмиевых пигментов, нужных при производстве лаков, эмалей и керамики, в качестве стабилизатора для пластмасс (например, поливинилхлорида) в электрических батареях и т.д. В результате всего этого, а также при сжигании кадмийсодержащих пластмассовых отходов кадмий может попадать в воздух. По данным Хясянена (Häsänen), в Балтийское море ежегодно поступает 200 тонн кадмия, в том числе 45% – из воздуха. А во всем мире, судя по имеющимся сведениям, в окружающую среду ежегодно выбрасывается примерно 5000 тонн.

Кадмий опасен в любой форме – принятая внутрь доза в 30...40 мг уже может оказаться смертельной. Поэтому даже питье лимонада из сосудов, материал которых содержит кадмий, чревато опасностью. Из-за того что однажды поглощенное количество кадмия выводится из человеческого организма очень медленно (0,1% в сутки), легко может происходить хроническое отравление. Самые ранние симптомы его – поражение почек и нервной системы, белок в моче, нарушение функций половых органов; позднее возникают острые костные боли в спине и ногах. Типично также нарушение функции легких. Кроме того, предполагается канцерогенное действие кадмия.

В организме кадмий в первую очередь накапливается в почках, и после достижения пороговой концентрации – около 0,2 мг Cd на 1 г веса почек – появляются симптомы тяжелого отравления и почти неизлечимого заболевания. Кстати, население ФРГ испытывает столь большую кадмиевую нагрузку, что ведомство по охране окружающей среды насчитывает там от 10 000 до 100 000 лиц, страдающих нарушениями почечной

функции.

Отложение кадмия в почках вначале не вызывает сколько-нибудь заметных клинических симптомов заболевания. Лишь после превышения концентрации 0,2 мг на 1 г почечной ткани появляются тяжелые симптомы (такие, как одышка, наличие белка в моче, малокровие и почечная недостаточность). Кроме того, кадмий оказывает выраженное токсическое воздействие на половые железы (прежде всего на семенники).

Кадмий почти невозможно изъять из природной среды, поэтому он все больше накапливается в ней и попадает различными путями в пищевые цепи человека и животных. Чаще всего причиной повышенного содержания кадмия в пище бывают промышленные газообразные выбросы. Известные до сих пор данные о максимальной аккумуляции кадмия в пищевых продуктах относятся к свиным почкам, где находили до 2 мг/кг Cd. Все (без исключения) исследованные яйца серых куропаток и фазанов из Верхнего Эльзаса содержали кадмий (а значительно больше половины яиц – еще и ртуть). Двустворчатые моллюски могут аккумулировать кадмий, повышая его концентрацию в миллион раз по сравнению с его содержанием в морской воде.

Однако больше всего кадмия мы получаем с растительной пищей. Дело в том, что кадмий чрезвычайно легко переходит из почвы в растения: последние поглощают до 70% кадмия из почвы и лишь 30% – из воздуха. Особенно большую опасность представляют в этом отношении грибы, которые часто могут накапливать кадмий в исключительно высоких концентрациях. Так, например, в луговых шампиньонах было найдено до 6 мг/кг Cd (вообще же в шампиньонах находили до 170 мг/кг). Луговые шампиньоны аккумулируют главным образом кадмий, а наряду с этим также свинец и ртуть; у других видов грибов дело может обстоять иначе: например, пестрый гриб-зонтик накапливает в первую очередь Pb и Hg и в сравнительно меньших количествах – Cd. Поэтому федеральное ведомство по вопросам здравоохранения ФРГ уже рекомендовало употреблять в пищу меньше дикорастущих грибов (а также меньше свиных и говяжьих почек). В то время как степень загрязнения продовольственных продуктов свинцом и ртутью значительно ниже международных норм допустимой нагрузки, загрязнение кадмием, согласно произведенным до сих пор (еще неполным) оценкам, близко к соответствующим предельным уровням.

В Японии цинковый рудник загрязнил кадмием реку Дзин-цу, и тамошняя питьевая вода стала содержать кадмий; кроме того, речной водой орошали рисовые поля и плантации сои. Спустя 15...30 лет более 150 человек умерло от хронического отравления кадмием, сопровождавшегося атрофией костей всего скелета; этот случай вошел в историю эндемических отравлений тяжелыми металлами под названием «болезнь итаи-итаи». В США случаи заболевания итаи-итаи имели место в связи с потреблением сахарного

горошка, который содержал большие количества кадмия. С тех пор в Японии всех, кто так или иначе подвергается подобной опасности, систематически обследуют на содержание кадмия в организме. Фармацевтическое предприятие «Pharmacia» в городе Фрейбурге недавно разработало метод, позволяющий сравнительно просто определять содержание кадмия в моче при помощи так называемого бета-2-микроглобулина.

Количество кадмия, попадающее в организм человека, зависит не только от потребления им кадмийсодержащих пищевых продуктов, но и в большой степени от качества его диеты. В частности, даже весьма незначительная недостаточность железа может заметно усилить аккумуляцию кадмия. Поэтому женщины, которые в результате менструаций регулярно теряют вместе с кровью железо, более подвержены отравлению кадмием, чем мужчины. Особой опасности подвергаются беременные, у которых потребность в железе еще выше из-за того, что плод накапливает в своей печени запасы железа, необходимые ему для первых месяцев жизни после рождения. Поэтому, старательно восполняя убыль железа, женщины могут осуществлять по меньшей мере относительную профилактику. Вообще достаточное количество железа в крови, по-видимому, тормозит аккумуляцию кадмия. Кроме того, теперь мы знаем, что большие дозы витамина D действуют как противоядие при отравлении кадмием.

Кадмий накапливается также в волосах, где его можно обнаружить. При патологоанатомическом исследовании человеческих трупов было найдено, что содержание кадмия в почках в последние 50 лет неуклонно возрастало. Самые высокие концентрации встречаются у жителей больших городов и промышленных районов с большой плотностью населения. Подсчитано, что в США и Японии уже 5% населения находится под серьезной угрозой, так как концентрация кадмия у этих пяти процентов уже почти достигла установленного критического уровня.

Так называемые «кадмиевые скандалы» в ФРГ, имевшие место в 70-х годах, происходили из-за того, что кадмийсодержащий ил (однажды это был ил, вычерпанный из русла реки Неккар и бесплатно отданный фермерам «для улучшения почвы», в другой раз – ил из городских очистных сооружений) в течение многих лет в качестве средства, улучшающего почву, вывозился на сельскохозяйственные угодья. Это привело в конце концов к такому сильному загрязнению кадмием возделываемых пищевых и кормовых растений (сахарной свеклы, клубневого сельдерея, картофеля), что в 1979 году власти вынуждены были официально запретить там какие бы то ни было посадки. В районе Среднего Неккара эта мера была распространена на 30 га пахотной земли. В случае загрязненного ила со дна Неккара речь идет о кадмии, большая часть которого со сточными водами одного предприятия в Безигхейме, производящего пигменты, попадала в реку Энц, а оттуда в Неккар.

Что же касается ила из очистных сооружений Мюнхена, то в этом случае имеются различные источники кадмия (в том числе и предприятия, производящие поливинилхлорид, где кадмий используют в качестве катализатора).

В месте впадения Энца в Неккар у рыб по сравнению с рыбами из Неккара в районе Гейдельберга максимальное повышение концентрации кадмия было 50-кратным; а для печени рыб получались еще бо-льшие величины. Опасность отравления угрожала прежде всего плотве (*Rutilus rutilus*). Эта рыба частично питается илом, и если он содержит кадмий, то-она получает его с пищей в большом количестве.

Повсюду, где шлам из городских очистных сооружений, куда наряду с канализационными стоками спускают также и стоки промышленных предприятий, используется для улучшения свойств почвы, существует опасность, что опять может вспыхнуть такой же скандал из-за кадмия. В ФРГ в шламах из очистных установок находили до 275 мг/кг кадмия (в среднем 70 мг/кг). В других странах кое-где встречались величины до 1500 мг/кг. Ввиду этих случаев с кадмием теперь уже нельзя без соответствующих оговорок согласиться с широка распространенным мнением, что шлам из очистных установок после пребывания в течение 3...4 недель в бродильной камере и последующей сушки может служить ценным удобрением. Поэтому в ФРГ в целях охраны окружающей среды планируется постановление, которое должно будет гарантировать, что шлам из очистных сооружений с недопустимой концентрацией кадмия (и других тяжелых металлов) впредь уже не будет использоваться в сельском хозяйстве.

Между тем почва, загрязненная кадмием, вновь была свезена с полей (в какую круглую сумму это обошлось!), так что теперь, видимо, можно вновь использовать в пищу урожай, собираемый на этих землях; кроме того, благодаря другим мероприятиям уже с 1980 г. снова можно было без опасений есть рыбу из Неккара и Энца. Высокое содержание кадмия, которое в 1973 г. заставляло предостерегать от потребления рыбы, снизилось настолько, что теперь уже нет оснований возражать против употребления ее в пищу. Я, однако, счел бы весьма рискованным заключить из этого факта, что больше нет никакой причины для беспокойства, так как все как будто уже улажено!

Рот и Оберлендер (Roth, Oberländer) исследовали снижение урожайности при раздельном и совместном воздействии кадмия и цинка на молодые растения пшеницы. На черноземе почти не отмечалось каких-либо изменений. На буроземе максимальный дефицит урожая составлял 89% от контрольного уровня. Сульфат кадмия и сульфат цинка, взятые по отдельности, тоже снижали урожай, но при совместном их добавлении эффект значительно усиливался. Таким образом, речь идет о явлении синергизма повреждающих воздействий кадмия и цинка при их одновременном присутствии.

*Такого рода наблюдения делают сомнительной правильность установления границ толерантности для отдельных вредных веществ в смеси без учета их возможного синергизма.*

Источники загрязнения окружающей нас среды кадмием весьма многообразны – например, кадмий попадает в воздух при сжигании каменного угля. Каждая тонна каменного угля содержит в среднем 2 г кадмия (в нефти его намного меньше). В последние 10...20 лет уменьшение потребления каменного угля (за счет использования нефти) уже заметно способствовало снижению загрязненности воздуха кадмием. Правда, если теперь снова возрастет применение каменного угля, то из-за большой примеси кадмия следовало бы не прямо сжигать уголь, а, например, использовать в качестве топлива жидкие продукты его сухой перегонки.

В настоящее время очень важным источником загрязнений обширных территорий среды кадмием служат также фосфатные удобрения, с которыми в почву – а следовательно, и в пищевые продукты – всегда попадает некоторое количество кадмия. Речь идет об удобрениях, которые содержат лишь следы кадмия. Это означает, что загрязнение растений, связанное с данным источником кадмия, настолько мало, что определяемые остаточные количества должны лежать намного ниже предела, установленного ВОЗ.

Согласно данным Научно-исследовательского института продуктов питания в Вене – Дёблинге, общее загрязнение пищи свинцом и ртутью в среднем на душу населения заметно ниже предельных норм ВОЗ, тогда как в случае кадмия оно, составляя 2 мг, точно им соответствует. Около 40% этого кадмия приходится на черный хлеб. Видимо, нужно признать, что не свинец и не ртуть, а именно кадмий является самым опасным тяжелым металлом, особенно в связи с тем, что он «через почву и корни растений легко попадает в пищевые цепи». Поэтому Оберлендер (Oberländer) (из Федерального научно-исследовательского института сельскохозяйственной химии в Вене) считает необходимым следить за миграцией кадмия в цепи почва – растение – животное, чаще проводя контрольные анализы (и значительно активнее изучать механизмы этой миграции).

У курильщиков в организме тоже в среднем больше кадмия, чем у некурящих. В одной сигарете содержится приблизительно 2 нг кадмия. Если взять тех, кто выкуривает 28 сигарет в день, то окажется, что у них содержание кадмия в почках и печени почти удвоено по сравнению с некурящими. Подобные исследования стали возможны после того, как с помощью метода нейтронной активации научились определять содержание кадмия у живых людей.

## 32. Цинк как токсикант окружающей среды

Цинк необходим морскому планктону для его роста, однако из-за загрязнения морей металлом концентрация цинка в воде заметно возросла. В норме в литре морской воды должно содержаться меньше 5 мкг Zn. Между тем в некоторых прибрежных водах у Британских островов было найдено значительно более высокое содержание цинка – вплоть до 46 мкг/л.

В такой концентрации цинк подавляет фотосинтез всех планктонных растительных организмов. Так как планктон служит начальным звеном пищевой цепи и главным пищевым ресурсом для многих видов рыб, то подавление фотосинтеза (синтеза крахмала и сахара в зеленых растениях с помощью солнечной энергии) может иметь далеко идущие последствия.

Но не следует упускать из виду и то, что пока еще трудно оценить, в какой мере цинк – в первую очередь благодаря своему каталитическому действию, повышающему токсический эффект других тяжелых металлов, – может влиять на окружающую среду в целом.

Насколько запутанными могут оказаться взаимосвязи, наглядно демонстрируют исследования Томсона (Thomson) в Порт-Девии в Тасмании; в этом практически необитаемом районе одно только естественное поглощение цинка устрицами привело к его накоплению в них выше допустимых пределов.

## 33. Винилхлорид как токсикант окружающей среды

Поливинилхлорид (ПВХ) – это сегодня неременная принадлежность нашего образа жизни, и прежде всего он незаменим как упаковочный материал для пищевых продуктов. Так как его получают из винилхлорида, возник вопрос не могут ли содержащиеся иногда в пленках из ПВХ остаточные количества винилхлорида прямым или непрямым образом (через пищевую цепь или диффундируя в упакованные в ПВХ продукты питания) оказывать вредное влияние на человека.

В самом деле, ведь на фабриках, производящих ПВХ, у рабочих вынужденных вдыхать относительно высокие концентрации паров винилхлорида, возникают гемангиосаркомы (одна из форм быстро развивающихся злокачественных опухолей, образуется из стенок кровеносных сосудов).

Как известно, раньше в пленках ПВХ, использовавшихся для упаковки пищевых продуктов и изготовления кухонной утвари, действительно еще определялись остатки

винилхлорида, которые могли представлять опасность, например в том случае, когда бутылку из ПВХ, в которой прежде находилось водное содержимое, при вторичном использовании наполняли жирным пищевым продуктом.

Разумеется, предметы кухонного оборудования изготавливались из пластифицированного ПВХ, который вряд ли еще содержал примесь винилхлорида: в прошлом ее находили главным образом в непластифицированном ПВХ. Между тем (по меньшей мере начиная с 1978 г.) благодаря совершенствованию технологии содержание винилхлорида в ПВХ было снижено, так что в настоящее время ПВХ-материалы в токсикологическом отношении могут, пожалуй, считаться безопасными. Согласно данным Федерального ведомства по вопросам народного здравоохранения ФРГ, в продуктах питания, упакованных в ПВХ, не было обнаружено винилхлорида. К тому же до сих пор нет никаких указаний на то, что винилхлорид при попадании его в организм с пищей тоже может вызывать рак. Ведь все заболевшие рабочие вдыхали большие количества винилхлорида в газообразной форме.

В ФРГ 8 ноября 1979 г. вступило в силу «Положение о предметах первой необходимости, изготовленных из винилхлорида», где указывается, что предметы из ПВХ, если они соприкасаются с пищевыми продуктами, как, например, упаковка для расфасованного маргарина или бутылки для масла, не должны содержать более 1 мг мономерного винилхлорида на 1 кг, так как газообразный мономерный винилхлорид (исходный материал для производства ПВХ) в определенной концентрации может вызывать злокачественные заболевания. Это положение относится и к ряду других предметов – к мундштукам вспомогательных приспособлений для плавания и иных изделий, которые надувают ртом, а также к детским игрушкам. Так как винилхлорид, удаляемый из изделий с целью выполнить упомянутое требование, вновь используется в качестве сырья, себестоимость продукции при этом не повышается.

Прежние анализы пищевых продуктов, расфасованных в бутылки из ПВХ, выявили наличие в них следов винилхлорида, причем концентрация последнего зависела от характера содержимого бутылки; больше всего был загрязнен уксус, за ним следовали фруктовые соки и горчица.

### **34. Фтор как токсикант окружающей среды**

Целесообразность фторирования питьевой воды для профилактики кариеса остается спорной, однако здесь эта мера обсуждаться не будет, тем более что она, безусловно, тщательно контролируется.

Фтор может причинять вред скоту как в стойле, так и на пастбище. В стойле это имеет

место в том случае, если в сточные лотки насыпают суперфосфат с целью связать азот в навозной жиже и устранить ее запах. Если животное его наглотается, это приведет к отравлению фтором. На пастбище вблизи алюминиевых заводов у скота может наблюдаться повреждение костей, так как эти заводы выбрасывают фтористые соединения.

Однако для человека главная угроза со стороны фтора как токсиканта природной среды заключается совсем в другом. Дело в том, что в результате применения хлор- или фтор-органических соединений в качестве хладагентов и газов-вытеснителей в холодильниках и аэрозольных баллонах они попадают в атмосферу; будучи весьма устойчивыми соединениями, эти легкие газы поднимаются все выше в тропосферу и даже в стратосферу. В связи с этим возникает опасение, что там под воздействием атомов хлора может начаться процесс каталитического расщепления  $O_3$  и в результате может быть полностью или хотя бы частично разрушен слой озона. Самое меньшее, что тогда могло бы ожидать нас в будущем, – это, вероятно, рост заболеваемости раком кожи, так как сейчас слой озона надежно защищает нас от ультрафиолетового излучения Солнца.

Пагубное воздействие этих хлор- и фторорганических соединений расценивается как куда более серьезный фактор, чем воздействие окиси азота из выхлопных газов реактивных сверхзвуковых самолетов, хотя бы уже потому, что продолжительность жизни этих соединений составляет около 30 лет. В связи с этим неоднократно выдвигались требования полностью запретить применение аэрозольных баллонов.

В слое озона действительно обнаруживаются значительные периодические и непериодические изменения. Несомненно, теория разрушения озона под действием хлорфторметана в принципе верна, так как все данные, говорящие в ее пользу, хорошо согласуются между собой. Исходя из нынешнего содержания хлорфторметана в атмосфере, было подсчитано, что убыль озона должна составить не более 1...2%. К прогнозам необходимо относиться серьезно, так как следует учитывать длительный характер процесса: если бы однажды редукция озонового слоя возросла настолько, что ее удалось бы четко зарегистрировать, то даже в случае немедленного полного отказа от дальнейшего применения хлорфторметана разрушение озона продолжалось бы еще по меньшей мере 10 лет и только после этого очень медленно пошло бы на убыль. В целом может пройти 40...50 лет, прежде чем большая часть молекул хлорфторметана перейдет в стратосферу, разрушится там и хлор-катализатор в форме неактивных молекул  $HC\dot{I}$  возвратится с дождями в тропосферу. Но, разумеется, точные прогнозы, так же как и результаты измерений, пока еще в большой мере перегружены факторами неопределенности. Поэтому Фабиан (Fabian, 1980) полагает, что для устранения всех неясностей относительно веществ, содержащихся в атмосфере в следовых количествах,

необходима еще весьма значительная исследовательская работа.

## 35. CO и CO<sub>2</sub> в воздухе

Окись углерода сама по себе – наиболее ядовитая составная часть выхлопных газов автомобильных двигателей (а также светильного и печного газов). Вместе с промышленными газовыми выбросами эти источники повышают естественную равновесную концентрацию CO в атмосфере.

Воздействию CO на психические функции и поведение человека и животных особое внимание уделено в докладе Вейсса и Лэтиеса (Weiss, Laties) на совещании по токсикологии поведения.

Еще больше внимания обращается на антропогенное увеличение концентрации двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) в атмосфере ввиду ее несомненного значения для теплового режима Земли и для всей органической жизни. Следует опасаться изменений климата: если бы начали таять полярные льды, то вода в результате поднятия уровня океанов затопила бы все прибрежные низменности, а у полюсов уже никогда больше не образовался бы ледяной покров. Эта необратимость вытекает из того, что темная поверхность открытого моря отражает меньше солнечных лучей, чем ледяной панцирь, а вместо этого поглощает их. Вода нагревалась бы сильнее, и ее повторное замерзание было бы затруднено. Это обстоятельство климатологи рассматривают как действие положительной обратной связи.

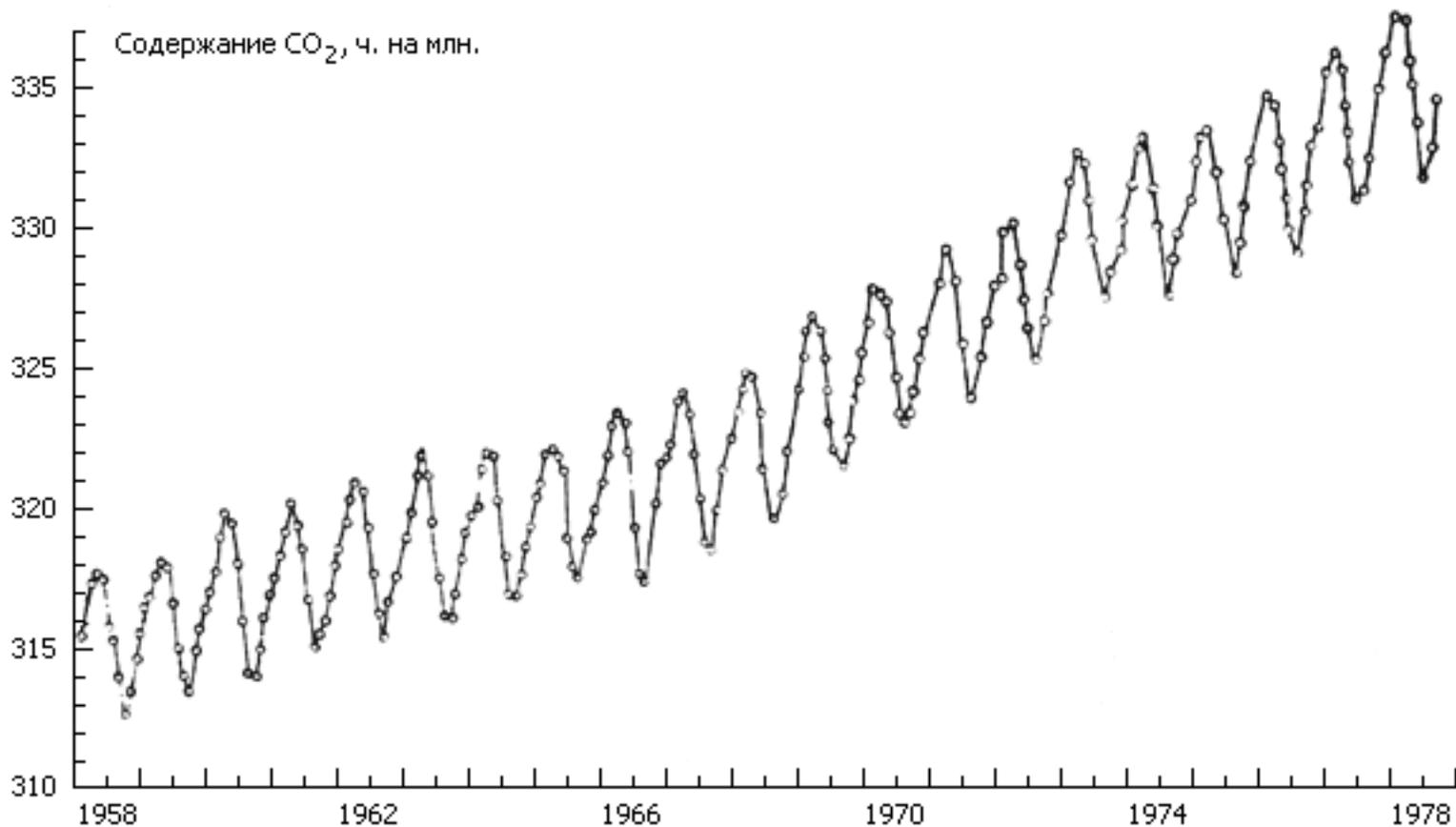
Однако же эту теорию оспаривают, ссылаясь на то, что последствия роста концентрации CO<sub>2</sub>, возможно, компенсируются без всякого сдвига температуры в результате изменения количества водяных паров или изменения облачности. Кроме того, существуют расчеты, заставляющие усомниться в том, что повышение содержания CO<sub>2</sub> в воздухе может повлиять на климат. Мы, в сущности, пока еще очень мало что знаем о естественном круговороте CO<sub>2</sub> в атмосфере.

Сейчас мы исходим прежде всего из того, что уровень CO<sub>2</sub> в атмосфере определяется химическими свойствами георезервуара океан – атмосфера. Однако, прежде чем молекула CO<sub>2</sub> попадет в океан, проходит в среднем 6 лет; и перемешивание вод океана тоже идет очень медленно!

Поэтому, пожалуй, лучше допустить, что в настоящее время еще невозможно

предсказать характер климатических изменений при повышении содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе. Быть может, дело обстоит так: когда вследствие повышения концентрации  $\text{CO}_2$  атмосфера нагревается, начинает испаряться больше воды и в атмосфере возрастает количество водяных паров, что могло бы вести к дальнейшему подъему температуры. Однако увеличение влажности атмосферы могло бы также способствовать усиленному образованию облаков, сильный экранирующий эффект которых в свою очередь оказывал бы значительное обратное влияние на баланс радиации атмосферы с тенденцией к охлаждению. Такие эффекты обратной связи, которые действуют то в одном, то в другом направлении, мы не в состоянии полностью предусмотреть даже с качественной стороны!

Установлено, что на протяжении трех последних десятилетий содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере возрастало примерно на  $0,0001\%$  в год. Однако за тот же период времени средние температуры в мире, несмотря на развитие промышленности, снизились приблизительно на  $1^\circ\text{C}$ . Возможно, это объясняется тем, что повышенное содержание аэрозолей (и другой тонкодисперсной пыли) в атмосфере сильно уменьшило интенсивность солнечной радиации, однако ожидаемое в связи с этим похолодание было частично скомпенсировано в результате повышения уровня  $\text{CO}_2$ .



**Рис. 23.** Изменение содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере по данным, полученным обсерваторией в районе Мауна-Лоа (Гавайи) (По Machta, in: Barney, 1980)

Таким образом, в нынешней дискуссии по поводу  $\text{CO}_2$  выдвигаются довольно различные расчеты и предположения. Правда, согласно данным японского Института метеорологических исследований, аномальные погодные условия 1980 г. на всем земном шаре уже, вероятно, обусловлены растущим загрязнением земной атмосферы двуокисью углерода и пылью.

Во всяком случае, содержание  $\text{CO}_2$  в земной атмосфере возросло за последнее столетие с 258 мг/кг (1890 г.) до 340 мг/кг; не исключено, что при дальнейшем росте потребления каменного угля и нефти содержание двуокиси углерода к 2050 г. достигнет даже 600 мг/кг. Таким образом, в ближайшие 50 (или 100) лет придется ожидать, что нынешняя концентрация  $\text{CO}_2$  почти удвоится, если только выброс двуокиси углерода в атмосферу в дальнейшем будет возрастать такими же темпами, как до сих пор. Но в таком случае это, вероятно, приведет к всеобщему потеплению земной поверхности! При этом приверженцы теории теплового воздействия  $\text{CO}_2$  ожидают в ближайшие 100 лет подъема средней земной температуры в пределах  $2,5^\circ\text{C}$ . Так называемый «тепличный эффект» связан с тем, что  $\text{CO}_2$  задерживает инфракрасное излучение земной поверхности в области от 12 до 18 мкм, а как раз в этой области спектра лежит максимум излучения Земли энергии во Вселенную.

## 36. $\text{SO}_2$ в воздухе

Проблема  $\text{SO}_2$  – результат того, что при сжигании ископаемого топлива и при обработке серосодержащих руд сернистый газ улетучивается в воздух. К тому же и предприятия, производящие полимерные материалы, выпускают его в воздух тоннами. Подсчитано, что США ежегодно «выдыхают» в атмосферу 26 миллионов тонн; равным образом причастна к этому и Европа, выпускающая 60 миллионов тонн. При этом 93% поступающего в атмосферу  $\text{SO}_2$  выбрасывается в северном полушарии и только 7% – в южном. За время с 1960 по 1965 г. общее количество приблизительно удвоилось. [Правда, несмотря на все возрастающий выброс при сжигании топлива, сейчас в целом еще преобладают серосодержащие компоненты (другие соединения серы!), происходящие из природных источников.]

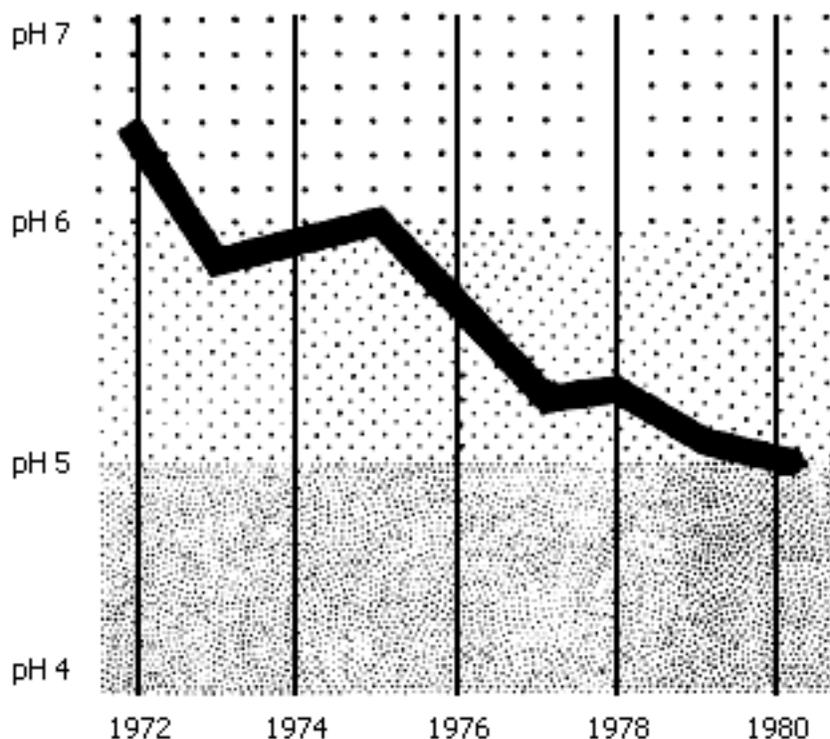
Все чаще происходит выпадение «кислотных дождей». Из  $\text{SO}_2$  и влаги воздуха в конечном счете образуется серная кислота, составляющая около 60% всех

содержащихся в дождевой воде кислот. Остальные 35% представлены азотной кислотой, которая, по всей вероятности, образуется из окислов азота, выбрасываемых с выхлопными газами автомобилей. В какой степени к этому причастно также и применение азотистых удобрений, пока еще не выяснено. Во всяком случае, почвенные микроорганизмы, преобразуя удобрения, вероятно, могут выделять в атмосферу газообразный азот, который способен соединяться с кислородом, образуя окислы азота.

Метеорологи, занимающиеся вопросами охраны окружающей среды, дают для Средней Европы следующую модель нынешней ситуации с кислотными дождями:

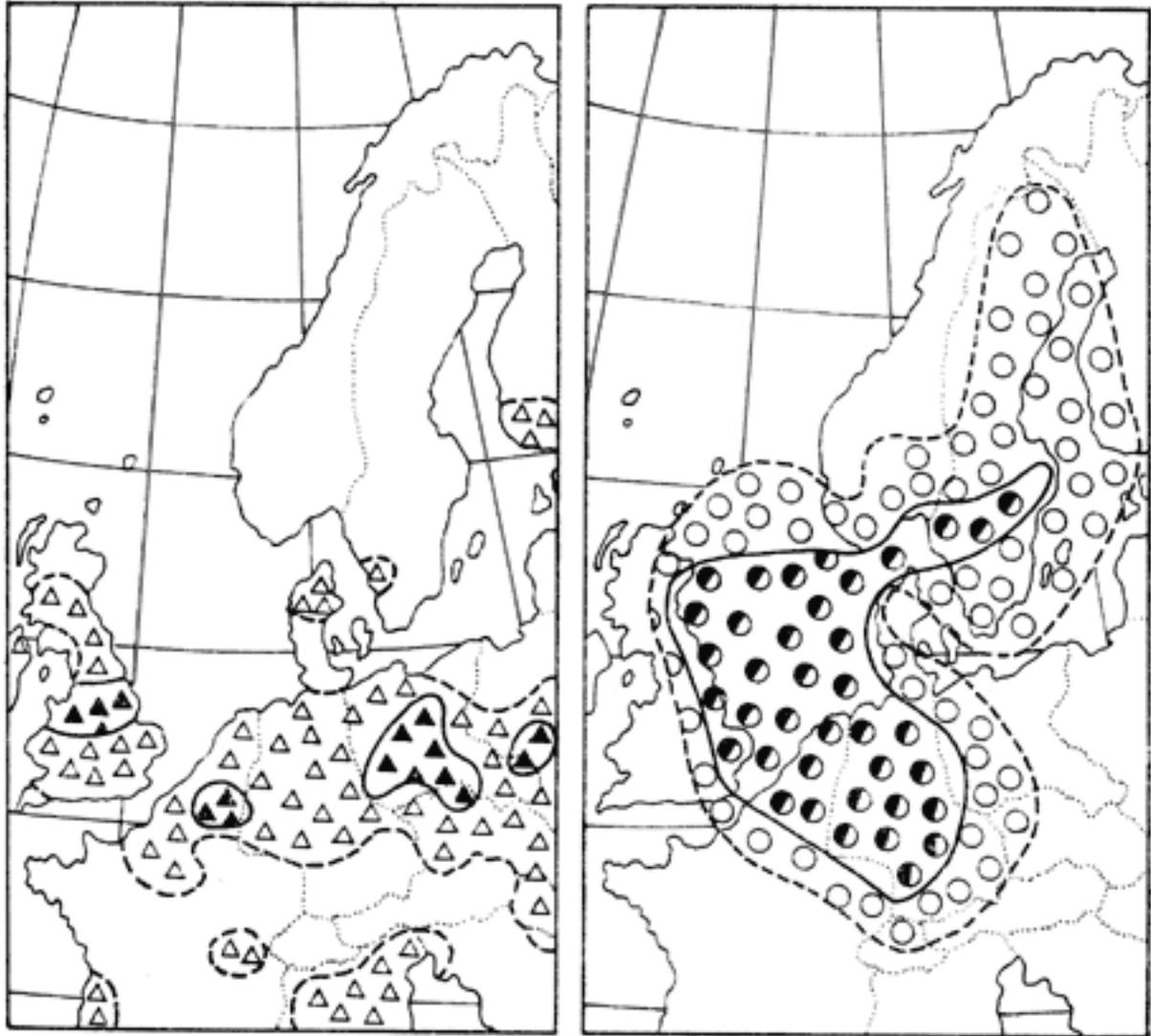
После образования антициклона над Средней Европой вредные вещества в течение нескольких дней концентрируются в нижней части атмосферы. Затем, когда область высокого давления сдвигается к востоку, образовавшиеся тем временем кислотные туманы перемещаются вместе с общей циркуляцией воздуха через Северное море к Скандинавии и там выпадают в виде дождей. Этот процесс может повторяться до 20 раз в году (и всегда затрагивает одни и те же территории).

Воздействие кислотных дождей особенно губительно в Скандинавии, прежде всего потому, что там почвы из-за своего химического состава плохо нейтрализуют или даже вовсе не в состоянии нейтрализовать выпадающую кислоту.

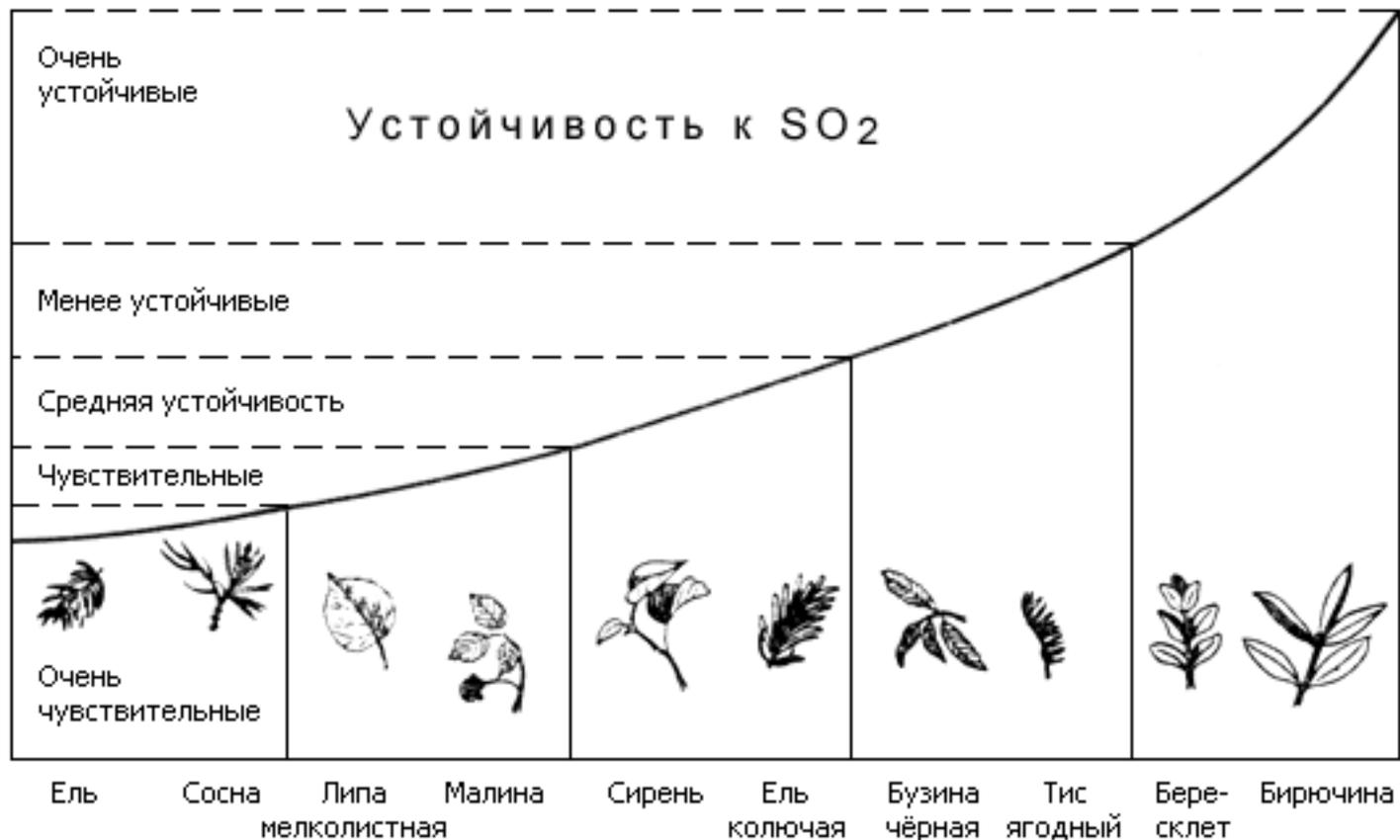


**Рис. 24.** Закисление пресных вод на юге Швеции. Снижение pH до 5,5 за последнее десятилетие означает, что уже достигнута критическая пороговая величина для большинства организмов –

обитателей озер (Из журнала «Космос», 1981, Штутгарт)



**Рис. 24а.** Районы выброса серы и районы выпадения кислотных дождей. Ежегодный выброс серы (слева): светлые треугольники – от 3 до 30 т/км<sup>2</sup>; черные треугольники – более 30 т/км<sup>2</sup>. Дожди (справа): светлые кружки – рН около 4,5; полужаженные кружки – рН около 4,0.



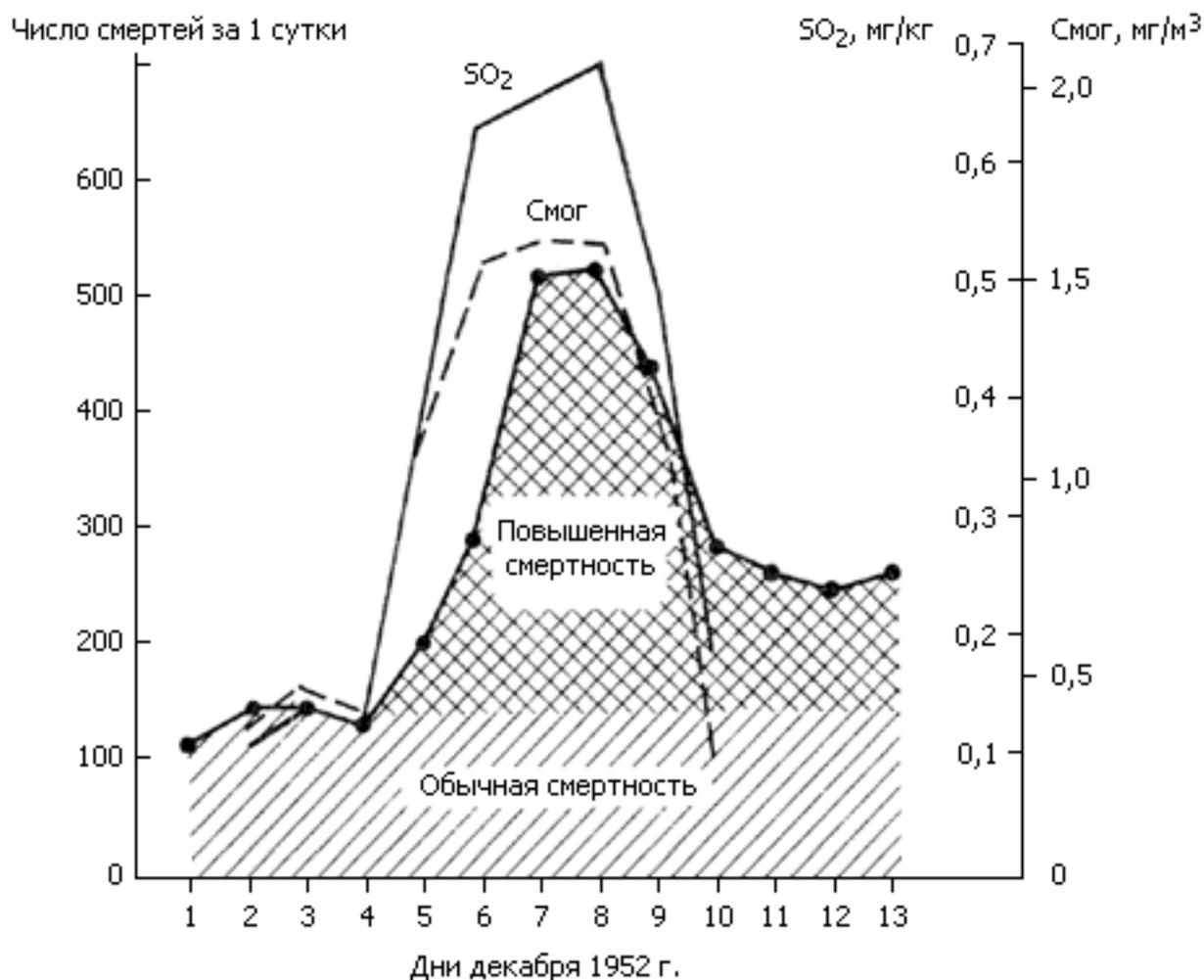
**Рис. 25.** Чувствительность различных деревьев и кустарников к дыму, содержащему SO<sub>2</sub>.

Особенно пагубно воздействие подкисленной воды на *популяции рыб*. Уже относительно небольшие отклонения от нормального нейтрального pH вызывают замедление роста или гибель молоди. Первыми начинают страдать форель и другие лососи. Новое подселение мальков в водоемы с нарушенными условиями не решает проблемы, так как рыбы в таких водоемах больше не размножаются. Там, где в Швеции подобный дождь с низким pH (вплоть до pH 2!) попадал в озера с ложем из кислых пород, это нередко приводило к уничтожению всей популяции рыб.

В Норвегии имеет место сходная ситуация. Озера и реки южной Норвегии в результате кислотных дождей уже несколько лет назад почти полностью потеряли свои рыбные запасы – теперь там имеются тысячи озер, в которых больше не водится никакая рыба (Hendrey, 1981).

Это прямое воздействие кислотного дождя еще усугубляется благодаря непрямому сопутствующему эффекту. Тяжелые металлы, например ртуть, которые могут содержаться в почве и горных породах, не вымываются обычной дождевой водой, но зато вымываются кислыми растворами (опять-таки с фатальными последствиями для рыб).

Весьма заметным и в связи с этим неоднократно подвергавшимся публичному обсуждению следствием загрязнения воздуха  $SO_2$  является **«выпадение ели»**, которое наблюдается не только в Баварском Лесу или Рудных горах (и в соответствующих лесах на чехословацкой стороне), но происходит почти в мировом масштабе – всюду, где только в хвойные леса попадают в больших количествах отработанные промышленные газы. Опасность тем больше, чем ниже рН кислого гумуса в лесной почве, так как  $SO_2$  в этом случае не разлагается. Так называемое «выпадение пихты» обусловлено той же причиной



**Рис. 26.** Повышение смертности в связи со смогом 5...9 декабря 1959 года в Лондоне. (Hodges, 1977.)

Путем направленного разведения устойчивых пород хвойных деревьев или замены хвойных пород лиственными можно смягчить симптомы, не затрагивая причин.

Относительно механизма действия  $SO_2$  на хвойные породы деревьев предложена

теория, которая отводит главную роль закислению почвы при попадании в нее  $SO_2$  с кислотными дождями. В результате просачивания такой дождевой воды в лесную почву в минеральном грунте высвобождается связанный под гумусовым горизонтом алюминий. Образующиеся при этом токсичные ионы алюминия разрушают жизненно важную для питания дерева систему тонких корешков и открывают бактериям путь к корням и стволу. Они создают в комле дерева патогенное мокрое ядро, которое блокирует транспорт воды в верхние части дерева. Это «драматическое нарушение водного баланса» (Schütt) объясняет, почему ель отмирает снизу вверх и изнутри кнаружи (а не наоборот). А сразу после сильных морозов в задымленных еловых насаждениях гибнет необычно большое число деревьев.

В периоды засух и раньше наблюдались случаи закисления почвы, и тогда тоже высвобождались ионы алюминия. Однако раньше деревья могли вновь «отдохнуть» после засухи, чему сегодня препятствуют промышленные загрязнения. Закисляющему эффекту  $SO_2$  могло бы противодействовать известкование почвы, но во многих местах это мероприятие проводят слишком поздно.

В ФРГ в федеральной земле Северный Рейн-Вестфалия даже вдали от Рурской области лесам угрожает серьезная опасность. В результате двухлетних обстоятельных исследований было обнаружено, что в 58% еловых насаждений обростание хвоей так резко отличается от нормы, что «следует считаться с реальной угрозой для лесов». В лиственных лесах по соседству с такими еловыми насаждениями отмирание лишайников на древесной коре сигнализирует об опасности для дубов: на коре 57% обследованных дубов лишайники уже отсутствуют!

Так как именно хвойные насаждения столь чувствительны к  $SO_2$ , Пауке и соавторы (Pauke et al.) предложили заменить их «экологически более стабильными буковыми насаждениями». Авторы, очевидно, сознают свое бессилие и намереваются бороться только с симптомами, но не с причинами, из породившими.

С начала 80-х годов было отмечено колоссальное усыхание лесов в Средней Европе (включая и лиственные насаждения) что вызвало острые дискуссии о его причинах (даже среди экспертов): с одной стороны, утверждали, что причиной гибели лесов будто бы является какой-то возбудитель болезни, о чем свидетельствуют эпидемиологические данные; с другой стороны, Шютт (Schutt) в своем выступлении по радио 12 февраля 1984 года в Западном Берлине решительно оспаривал мнение, что какой-то биотический компонент может быть единственной или основной причиной гибели лесов, – он утверждал, что скорее это еще не изученные компоненты воздушного загрязнения (возможно, тяжелые металлы?) *во взаимодействии* с другими вредными веществами

(скорее всего сернистым газом).

В результате в ФРГ (1983) распространилось мнение о том, что, прежде чем принимать какие-либо меры, следует тщательно изучить причины гибели леса. Я считаю такой подход демагогическим и опасным. Если в Японии за последние 8 лет (до 1983 г.) удалось снизить загрязнение воздуха сернистым газом над островами при помощи специальных очистных установок с 1 500 000 до 80 000 тонн в год (т.е. почти на 95%), то это должно послужить стимулом и для Европы в ее борьбе с кислотными дождями! Это непременно скажется благотворным образом и на состоянии лесов. А между тем своим чередом должно идти тщательное исследование причин, выяснение того, какие еще факторы причастны к гибели лесов и что еще можно и нужно сделать, чтобы ей воспрепятствовать.

Античные сооружения Акрополя в Афинах за время 1960 по 1980 г. пострадали от загрязнения воздуха больше чем за два с половиной предыдущих тысячелетия. Причина этого в том, что  $SO_2$ , выделяемый, например, цементным заводом в Пирее и муниципальными газовыми заводами, с дождями выпадает на землю в форме серной кислоты и превращает классический мрамор произведений искусства в крошащийся гипс. В настоящее время пытаются разработать защитную смесь для сооружений, которым угрожает воздействие серной кислоты.

На электростанциях ГДР для удаления сернистых соединений пробуют добавлять при сжигании каменного угля известняк из отвалов. В СССР работают с магнезитом, в Польше применяют аммиачный способ.

Наводивший ранее страх лондонский смог исчез, после того как в результате ряда строжайших мер снизилось содержание  $SO_2$  в бытовых и промышленных отработанных газах.

Для того чтобы оценить воздействие двуокиси серы, окислов азота и хлористого водорода на постройки, Цоллернский институт при Немецком музее горного дела провел следующую работу: вблизи исторических сооружений (возле замка Нейшванштейн, Кельнского и Любекского соборов и др.) на открытом воздухе выдерживали в течение года образцы природного камня. Оказалось, что в местах с сильным загрязнением воздуха  $SO_2$  (где в среднем за год осаждалось до 126 мг  $SO_2$  на 1 м<sup>2</sup> в сутки) «на образцах появились заметные растрескивания и эрозии». За год пробы потеряли 3...4% своего веса.

В настоящее время в Швеции пробуют рассыпать с самолетов известь над озерами,

ставшими особенно кислыми, с целью смягчить последствия кислотных дождей. Благодаря установкам, улавливающим серу, в Японии удалось за 8 лет (до начала 80-х годов) снизить выброс серы с 1,5 млн до 0,08 млн тонн в год.

С 1978 года и в *Альпах* отмечается возрастающая гибель леса. В южной Швейцарии страдает прежде всего благородный каштан. В Австрии все больше разрушается покров альпийских высокогорных лугов, и это, вероятно, связано с влиянием «кислого снега» (там, где выпадают кислотные дожди, должен быть и кислый снег!); правда, здесь еще не проведен достаточно детальный анализ причин, как это имело место в Рудных горах.

После опытов, проведенных в теплицах (так называемом «экодроме») Института сельского хозяйства и экологии растений университета Хоэнхейм (Штутгарт, ФРГ), в последнее время стало ясно, что наряду с двуокисью серы причиной гибели леса является и озон. Основным источником повышенного содержания озона в нашем воздухе служат выхлопные газы: с ними в атмосферу поступают окислы азота, из которых под действием солнечного света образуется озон. Согласно обобщению Службы охраны окружающей среды ФРГ, в 1984 г. в густонаселенных областях Средней Европы содержание озона в 1 м<sup>3</sup> воздуха составляло 600 мкг, а во многих других местах 200 мкг – однако и это слишком много для чувствительных растений (не только для лиственниц и сосен, но и для ржи, ячменя, овса, картофеля, томатов и винограда).

### **37. Прочие аспекты загрязнения воздуха**

В целом загрязнение воздуха составляет одну из самых неотложных проблем, связанных с отравлением нашей природной среды, так как воздействия вредных примесей являются здесь глобальными (как по вертикали, так и по горизонтали) и мы не можем их избежать. Поэтому данная проблема еще более серьезна, чем загрязнение питьевой воды – тут все-таки можно переключиться на минеральную воду.

Для ФРГ на 1970 г. приводятся следующие данные о годовом загрязнении воздуха: 7 тыс. тонн Pb, 7 млн тонн CO, 5 млн тонн SO<sub>2</sub>, 2,5 млн тонн копоти и пыли. Подобные отходы осаждаются также и на плодах и овощах как при их выращивании (особенно вблизи промышленных предприятий и автодорог), так и при раскладке на рынках или перед магазинами. Из указанных количеств загрязнителей половина имеет своим источником автомашины, а до четверти приходится на долю промышленности и домашнего хозяйства.

В земную атмосферу ежегодно поступает: 100 млн тонн соляной кислоты и других соединений хлора; 300 – 400 млн тонн сероводорода и серного ангидрида; 90 – 400 млн

тонн окислов азота; от 80 до 200 млн тонн аммонийных соединений; кроме того, ежегодно высвобождается около 14 млн тонн двуокиси углерода.

Круговорот азота в атмосфере изучен еще совершенно недостаточно. Реакции с участием NO, NO<sub>2</sub> и углеводородов из загрязненной атмосферы ведут, что особенно характерно для крупных городов Америки, к образованию «фотохимического смога». При этом взаимодействия между промышленными выбросами и выхлопными газами автомашин могут приводить в результате цепной реакции к образованию озона, который затем может даже стать самым важным токсичным компонентом в смоге крупных городов; кроме того, образуется не менее опасный пероксиацетилнитрат (ПАН). Оба вещества характерны для так называемого *летне*го, или лос-анджелесского, смога.

Только что упомянутый ПАН был впервые обнаружен в 1956 году в смоге Лос-Анджелеса. Он образуется фотохимическим путем из углеводородов в результате окисления радикалов OH в присутствии молекулярного кислорода и окислов азота. Дальнейшие исследования показали, что его концентрация в воздухе всех больших городов составляет примерно 10 нг/кг. Это вещество вызывает слезотечение, придает свинцовый запах белью, висевшему на воздухе. Совсем недавно оно было обнаружено в чистейшем воздухе Тихого океана в концентрации от 10 до 400 нг/кг. Очевидно, оно и здесь образуется фотохимическим путем из углеводородов морской воды. Поэтому есть основание считать это соединение очень распространенным природным веществом, а *не только* вредным продуктом цивилизации.

В отличие от этого так называемый смог лондонского типа, или *зимний*, образуется в результате высокой концентрации SO<sub>2</sub> и в первую очередь обязан своим возникновением промышленным газообразным отходам.

Уже давно установлено, что фторорганические соединения могут повреждать озоновый слой Земли. В последнее время подобное действие приписывают также одному из оксидов азота (N<sub>2</sub>O – NO – NO<sub>2</sub>). Источником этого вещества служат азотные удобрения, применение которых возрастает во всем мире. Таким образом, всемирная борьба за увеличение продовольственных ресурсов, быть может, ставит нас перед выбором: нехватка пищи для голодных или рак кожи для всех без исключения? Правда, научные основы для суждения о возможных последствиях пока еще недостаточно ясны.

Содержание токсичных окислов азота в воздухе ФРГ за последние 20 лет увеличилось в 20 раз.

К ядам в узком смысле слова не относится пыль, но это тоже один из важных факторов

загрязнения воздуха. В этом отношении очень опасными загрязнителями воздуха являются, например, цементные заводы – особенно если они повинны в том, что в ночное время открывают заслонки для беспрепятственного выхода цементной пыли, так как фильтровальные установки задерживают отработанный воздух и тем самым мешают производственному процессу.

В Швейцарии содержание пылевых частиц в воздухе за последние 40 лет выросло почти вдвое. Еще более устрашающими выглядят данные об увеличении отложений пыли на ледниках Кавказа и в Гренландии.

ГДР в рамках кооперации СЭВ специализировалась на производстве пылеуловителей, и в связи с этим фильтровальные установки против промышленных пылевых выбросов в последние годы становятся здесь все более эффективными. Таким образом удалось достигнуть уменьшения запыленности воздуха, но все же успехи в этой области пока не настолько велики, чтобы население могло уже отметить существенный сдвиг к лучшему.

Боярышник *Crataegus monogyna*, посаженный по краям автодорог, особенно сильно поражается тлями *Aphis pomi*.

В связи с этим Флюккигер и Эртли (Flückiger, Oertli) усматривают в загрязнении воздуха выхлопными газами фактор, благоприятствующий массовому поражению растений тлями.

### **38. Фунгициды как токсиканты окружающей среды**

Полихлорированным дифенилам, которые, помимо прочего, используются и в качестве фунгицидов, уже был посвящен специальный раздел (разд. 24); поэтому ниже будут приведены лишь немногие примеры отрицательных последствий применения фунгицидов.

Довсходовые опрыскивания в плодоводстве из-за ранних весенних сроков их проведения считаются еще относительно безвредными для окружающей среды. Но если для опрыскивания применяют препараты динитроортокрезола, а в последующие дни пройдет теплый дождь, то дождевые черви, которые после дождя выползают из почвы наружу, гибнут массами: ведь даже в очень сильных разведениях это вещество еще действует как сильный вермицид!

Препараты бензимидазола применяются в плодоводстве как универсальные фунгициды, но после обработки ими листва теряет способность к перепреванию и дождевые черви от этого необратимо (т.е. смертельно) парализуются.

Если фунгициды разбрызгивают сверху на верхушки деревьев, то внизу изменяются корневые выделения и мико-ризообразующие грибы погибают.

Гексахлорбензол является действующим началом пестицида, который до 1975 г. разрешалось применять в ФРГ в качестве протравителя против твердой головни пшеницы. Позднее, когда было установлено, что в различных районах Баварии в пробах масла концентрация гексахлорбензола превышает допустимый уровень, это можно было объяснить следующими причинами:

- 1) на некоторых предприятиях зерно перед помолом смешивали с остатками семенного материала;
- 2) семенной материал протравливался в помещениях, в которых одновременно находились также и кормовые продукты;
- 3) кормовые продукты засыпали в мешки, в которых до этого хранился протравленный семенной материал.

Гексахлорбензол концентрируется и в грудном молоке кормящих матерей, причем в ФРГ предельно допустимый уровень был превышен в 100 раз.

Конрад (Conrad) исследовал 457 яиц 19 видов птиц, живущих в ФРГ, на наличие в них остатков пестицидов и обнаружил во всех яйцах гексахлорбензол, *n, n*-ДДЭ1 и полихлорированные дифенилы.

В настоящее время в Гессене в рыбе, выловленной в старицах Рейна, находят остаточные количества полихлорированных дифенилов, примерно в 20...40 раз превышающие предельно допустимую концентрацию, которая составляет 0,05 мг на 1 кг веса рыбы.

### 39. Гербициды

По сравнению с рядом других пестицидов в оценке опасности гербицидов многое еще остается не вполне ясным или даже совсем не известным, и о них с гораздо меньшей уверенностью можно говорить как о токсикантах окружающей среды. По данному вопросу я рекомендую читателям обратиться в первую очередь к обзору Крамера (Cramer, 1977), а здесь; сказав кое-что о частичной роли гербицидов как токсикантов, постараюсь главным образом осветить их значение в фактическом загрязнении окружающей среды (см. разд. 40).

Остатки гербицидов находили прежде всего после лесо-охранных мероприятий, и это дает повод для опасения при употреблении в пищу грибов и ягод. Во всяком случае, спустя неделю после распыления препаратов ростовых веществ избирательного действия остаточные количества гербицидов во много раз превышали максимальные уровни, допускаемые в ФРГ для продуктов питания «Положением о предельном содержании средств защиты растений»: в малине в 98...144 раза, в ежевике в 83 раза. Даже через месяц после опрыскивания имело место превышение официально установленных пределов в малине в 20...26 раз, в ягодах боярышника в 128 раз и в агариковых грибах в 34 раза.

Еще намного выше было содержание остатков в листьях и ветвях различных растений, в том числе играющих важную роль в питании дичи. Так, спустя четыре недели после обработки гербицидами были получены следующие цифры – отношения найденных количеств гербицидов к количествам, максимально допустимым для пищевых продуктов: для малины – 88; для красной бузины – 132; для пневых побегов дуба – 420; для порослевых побегов лещины – 580; для елей и лжетсуг – 880; для жарновцов – 1040; для молодых берез – 3300. Не удивительно, что все больше случаев отравления животных (в том числе и смертельного) непосредственно объясняют опрыскиванием препаратами гербицидов.

---

\* Продукт разложения ДДТ.

Еще один эффект применения гербицидов заключается в том, что ростовые вещества, предназначенные для уничтожения нежелательных трав, кустарников и деревьев, привели к столь значительному обеднению растительности, что во многих местностях стало совершенно невозможным высокопродуктивное пчеловодство.

Даже такие гербициды, которые при проверке на токсичность для теплокровных животных получили оценку «нетоксичны», могут стать причиной неожиданных побочных эффектов, таких, как изменение вкуса ядовитых растений. Например, при опрыскивании пастбищ гербицидами – производными феноксисукусной кислоты (скажем, препаратом 2М-4Х против различных видов лютиковых) вкус лютика настолько изменяется, что скот начинает его поедать и бывают даже случаи смертельного отравления. Поэтому после обработки пастбища такими препаратами на нем в течение трех недель запрещается выпас скота; разумеется, такой запрет позволит уберечь скот, но уж, конечно, не дичь.

В других случаях и в совершенно другой области подобный эффект может обеспечить полный успех в борьбе с сорняками, который не мог бы быть достигнут в результате воздействия одного только гербицида.

Размножение жуков-листоедов, приспособленных к питанию на одном виде растений, сдерживается под влиянием определенных веществ растения-хозяина; но когда в результате воздействия гербицидов вкус этих растений изменяется, жуки оказываются в состоянии их уничтожить.

Например, одной только обработкой микрогранулированными гербицидами (2М-4ХП +2,4,5-Т\* в форме эфира) не удавалось радикально искоренить все виды горца (*Polygonum*). Однако листоеды, живущие на горце, стали теперь выедать всю популяцию *Polygonum* на обработанном участке.

---

\* 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота.

В другом случае обработка луга бутиловым эфиром пропионовой кислоты для борьбы со щавелем туполистным (*Rumex obtusifolius*) вначале не давала удовлетворительных результатов. Однако под влиянием гербицида листоеды, живущие на щавеле, размножились в невероятном количестве и уничтожили всю популяцию *Rumex*. В добавление к этому все корни были съедены мышами: стержневые корни щавеля после обработки луга гербицидами лишились присущей им способности отпугивать мышей!

С другой стороны, гербициды могут косвенным путем вызывать также и снижение численности насекомых, причем не только тем, что уничтожают их кормовые растения. Возможно, например, что сорняки, количество которых в результате применения триазиновых гербицидов явно уменьшилось, необходимы были жукелицам для спаривания.

Гербициды могут быть опасны для пчел даже и в тех случаях, когда категорически утверждается, что такой опасности не существует. Они, по всей вероятности, действительно не токсичны для пчел и потому вовсе не вызывают гибель последних при прямом контакте; когда, однако, загрязненные гербицидом пчелы возвращаются в свой собственный улей, из-за приобретенного ими постороннего запаха другие пчелы выгоняют их. И вот тогда-то перед ульем лежат сотни мертвых пчел.

**Рис. 27.** Между двумя плодовыми садами (где особенно интенсивно обрабатывались биоцидами краевые участки) находилась 150-метровая охранная зона питьевой воды (первый источник находился всего лишь в двух метрах от ограды плодового сада, который обрабатывали гербицидами) (Фото из архива Эйхлера)

**Рис. 28.** Неудачный выбор места для хранения биоцидов: поблизости протекает ручей, легко доступный для детей. (Фото из архива Эйхлера)

Гербицид «Agent Orange», который, кстати, применялся американцами во Вьетнаме, содержит в качестве действующих начал 2,4-Д\* и 1,4,5-Т. Этот гербицид применяли также на территории Колумбии, причем там с самолета им опрыскивали обширные хлопковые и рисовые поля. В итоге имела место необычно высокая частота выкидышей и рождения детей с пороками развития (которая значительно превышала средние цифры по стране). Кроме того, после применения этого гербицида в Колумбии гибли домашние животные и рыбы.

---

\* 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота.

На одном всемирно известном бальнеологическом курорте сильные серные источники постепенно стали становиться все слабее. Выяснилось, что биоциды, применявшиеся для уничтожения сорняков в районе целебных источников, даже в самых ничтожных дозах убивают серобактерий. В этом случае шла речь о гербицидах, относительно которых утверждалось, что они будто бы аккумулируются в самых верхних слоях почвы.

Спустя короткое время после того, как администрация курорта запретила применение гербицидов в курортном парке, в котором берут свое начало целебные источники, концентрация серы в воде всех трех источников снова повысилась. Через год содержание серы опять было нормальным и константно высоким, как в незапамятные времена. Значит, серобактерий здесь действительно убивали гербициды!

**Катастрофа в Севезо** (см. также Meer, 1977) может служить примером несчастного случая при производстве гербицидов и, будучи результатом технической аварии, не относится, собственно, к теме нашей книги. Однако она дает возможность взглянуть на проблематику токсикологии гербицидов. Как известно, в Севезо взорвался котел с трихлорфенолом – веществом, сходным с 2,4,5-Т, в результате чего от 1 до 5 кг побочного продукта диоксина было распылено примерно на 30 км<sup>2</sup> вокруг. Все попытки удалить и окончательно захоронить яд до сих пор не привели к успеху. Правда, было поднято 200 000 тонн пахотной земли и засыпано в мешки, однако они все еще временно хранятся в бывшей школе Севезо вместе с трупами? 81 000 домашних животных. Никто не знает, что с ними делать дальше например, их сожжение привело бы к новому распространению диоксин воздушным путем. Еще и сегодня даже на расстоянии 30 километров от Севезо находят следы диоксина.

После того как стали известны симптомы отравления в Севезо, в США обратили внимание на сходные симптомы заболевания в районах мусорных свалок, которые были устроены в период с 1947 по 1953 г. В частности, здесь тоже наблюдалась повышенная частота самопроизвольных аборт.

В Техасе, Аризоне и штате Вашингтон, где применялись диоксинсодержащие средства для уничтожения сорняков, были обнаружены утки с резкими аномалиями развития крыльев, случаи рождения детей без пальцев и все прочие признаки отравления диоксином, включая внезапное повышение частоты мертворождений и самопроизвольных аборт.

Диоксин, который в результате катастрофы в Севезо стал всемирно известен,

содержится в незначительных количествах в качестве трудно отделимого побочного продукта в препаратах 2,4,5-Т (трихлорфеноксисукусной кислоты). 2,4,5-Т используется в ряде стран как гербицид и применялась американцами во Вьетнаме в качестве дефолианта. Диоксин является, вероятно, самым смертельным из всех ядов, когда-либо созданных человеком. Если бы 100 г его попало в систему питьевого водоснабжения Нью-Йорка, этого было бы достаточно, чтобы уничтожить все 8-миллионное население города. Над Вьетнамом было распылено около 5 тонн диоксина. Диоксин в миллион раз более токсичен для утробного плода, чем талидомид. Кроме того, он обладает канцерогенными свойствами.

Специфической формой злокачественной опухоли, вызываемой диоксином, считают саркому. Все семь случаев саркомы, зафиксированных в документах университетской клиники в Упсале (Швеция), относятся к рабочим, которые в течение 10...20 лет до болезни проработали на лесопильном производстве или бумажных фабриках и имели дело с веществами на основе хлорбензолов, используемыми для защиты древесины. Еще ранее в США стало известно, что при производстве или применении хлорфенольных соединений неизбежен контакт с небольшими количествами диоксина.

Куры, соприкасавшиеся с гербицидом 2,4,5-Т, утрачивали способность отличать зерно от гальки. Вероятно, и здесь в этом повинна примесь «яда Севезо» – диоксина.

В Италии гербицид паракват, применяемый главным образом в декабре и январе для раннего уничтожения сорных трав на участках люцерны, причинил значительный ущерб популяции зайцев. В случае дождя и таяния снега паракват попадает в заячий мех, и зайцы затем слизывают его при чистке шерсти.

Паракват относится к дипиридиновым гербицидам, механизм действия которых еще не выяснен полностью и которые даже в дозе 40 мг/кг уже смертельны для человека. Саммерс (Summers) описывает 12 смертельных случаев и приводит 5 других случаев, в которых пораженных еще удалось спасти (у них вызывали рвоту, давали им суспензию бентонита или фул-леровой земли с сернокислой магнезией, проводили гемодиализ и спускали мочу с помощью катетера).

Продолжительное одностороннее применение гербицидов, которое обычно рекомендуют, особенно для распространенных и урожайных культур, когда они возделываются в мало-польных севооборотах, может привести к тому, что начнут процветать другие («новые») виды сорных трав, прежде не столь заметные. В качестве примеров Бахталер (Bachtaler) называет лисохвост полевой, овсюг, пырей, метлицу, пикуль-ник ладанниковый, веронику, подмаренник цепкий, различные виды горца, мокрицу, а также мать-и-мачеху и полевой хвощ; он рекомендует в таких случаях

широко комбинировать химические меры с механическими. Так что же – снова назад, к старой надежной практике? Хинцше (Hintzsche) в своем исследовании тоже показывает, как сложны могут быть процессы засорения сорняками и борьбы с ними. Так как в ГДР сейчас в широких масштабах выращивают основные зерновые культуры после предшественника в севообороте, постоянно имеет место применение гербицидов, вследствие чего на поля продвигаются как раз с трудом уничтожаемые виды сорняков, например подмаренник цепкий (*Galium aparinae*). Поэтому рекомендуется обоснованное чередование различных гербицидов, полное использование агротехнических мероприятий, а также непрерывное наблюдение за флорой сорняков.

В настоящее время многие поля с посевами рапса в результате борьбы с сорняками настолько заросли пупавкой, что только с трудом можно различить на них посевы рапса.

Новые исследования по применению гербицидов в зерновом хозяйстве ФРГ показали, что добавка урожая часто не оправдывает затрат на гербициды. Поэтому начинающим в сельском хозяйстве дается совет (1983) осторожно и обдуманно использовать гербициды при возделывании пшеницы, чтобы избежать финансового ущерба. М. Решке (M. Reschke), сотрудник службы защиты растений в Ганновере, пришел на основании многочисленных опытов к выводу, что «соотношение между затратами и пользой от применения гербицидов менее благоприятно, чем при использовании инсектицидов и фунгицидов: гербициды стоят дороже и дают незначительную прибавку урожая».

При таком положении вещей в перспективе кажется более целесообразным использовать гербициды в сочетании с фос-фолипидами (полученными из растений); при этом тот же эффект достигается при половинной дозе гербицида (Maas, 1982, 1983).

#### **40. Нарушение окружающей среды гербицидами**

Егер и Ведде (Jäger, Wedde) детально проследили, каким образом применение гербицидов при интенсивном плодоводстве может за немногие годы привести к глубокому нарушению природной среды. Если в плодово-ягодном насаждении применяют гербициды для очистки его от сорняков, то вскоре исчезает травяной покров – или же его сменяет моховая подушка из *Bryum argenteum* var. *lanatum* (таким образом, этот мох можно рассматривать как индикатор загрязненных биоцидом участков с развеиваемыми почвами). В результате создается опасность эрозии под действием воды и ветра – возможно не только возникновение загрязненных пыльных бурь (пески, содержащие гербициды, развеиваются ветром), но и образование глубоких промоин по путям стока дождевой воды – вплоть до подмывания ближних склонов. Уже через два года после начала применения гербицидов авторы наблюдали при крутизне склона всего лишь в 2° стоковую эрозию глубиной до 80 см. Изгородь вокруг плодового

сада вследствие эрозии за один год стала на полметра выше. Через два года в результате подмывания изгороди образовалась даже промоина в 3,4 метра. В одной продольной рытвине отдельные деревья; были, наоборот, почти до самой верхушки кроны покрыты перемещенным грунтом (вероятно, загрязненным). Доза гербицида, рассчитанная на лёссовую почву, для горнопородного почвенного комплекса оказалась завышенной, способной быстро погубить деревья.

**Рис. 29.** Когда с помощью гербицидов уничтожают сорняки в плодовом саду (слева), ветер может развеивать обработанную почву (Фото из архива Эйхлера.)

**Рис. 30.** В результате применения гербицидов почва утратила прочность и ее пришлось укреплять камнями.

**Рис. 31.** Через два года после устройства плодового сада в результате применения гербицидов около изгороди образовалась промоина глубиной 3,4 м. (Фото из архива Эйхлера.)

**Рис. 32.** Уже через год высота изгороди плодового сада, обработанного гербицидами, увеличилась на полметра; все растворимые вещества были удалены в результате водной эрозии. (Фото из архива Эйхлера)

**Рис. 33.** В этом плодовом саду, обработанном гербицидами, оказалось достаточно уклона в 2°, чтобы спустя два года образовались промоины глубиной до 80 см.

**Рис. 34.** В одном плодовом саду, обработанном гербицидами, деревья были занесены осадками почти до уровня кроны.

**Рис. 36.** Когда на участках с коренными породами гербициды были внесены в дозах, рассчитанных на лёссовую почву, это привело к отмиранию деревьев. (Фото из архива Эйхлера.)

**Рис. 37.** Избыточное внесение биоцидов привело к эрозии, и теперь этот участок непригоден для выпаса скота.

Если учесть упомянутые выше явления эрозии, сопровождавшиеся распространением гербицидов ветром и дождями, станет очевидным, что отрицательные последствия могут и не ограничиваться одними только насаждениями плодовых деревьев. Когда авторы обнаружили, как нарочно, водоохранную зону шириной 150 м между двумя плодовыми садами, расположенными выше и ниже по склону (в которых к тому же наиболее интенсивно обрабатывались гербицидами краевые участки), то это еще можно было как-то отнести за счет неудачной планировки. Но уж совсем нетрудно было предвидеть, что в результате размыва окрестностей соседний выгон станет непригодным в качестве пастбища.

В другом случае те же авторы нашли два старых плодовых сада, в которых условия

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 41. Поверхностно-активные вещества и окружающая природная среда

В настоящее время в сточные воды (и, следовательно, в круговорот воды) попадает множество самых различных поверхностно-активных веществ, где их присутствие ввиду их специфических свойств может быть весьма нежелательным (и вряд ли безразличным для водной фауны). Есть подозрение, что некоторые поверхностно-активные вещества совместно с определенными инсектицидами могут оказывать канцерогенное действие. По своему химическому составу поверхностно-активные вещества очень многообразны (Gawalek, 1975); некоторые из них применяются даже как гербициды или инсектициды.

Попадая в водоемы, поверхностно-активные вещества наносят вред рыбам, повреждая прежде всего их жабры; иные даже в концентрации около 0,05 мг/л токсичны для фитопланктона и для бактерий, разлагающих белки. При концентрации 5 мг/л дафнии гибнут за 10...100 часов. У теплокровных животных всасывание поверхностно-активных веществ происходит в кишечном тракте, а оттуда они попадают в печень.

Сведений такого рода очень мало, и это отражает явную недостаточность наших знаний о поверхностно-активных веществах, попадающих в природную среду. Но если «в некоторых местностях концентрация таких веществ в питьевой воде может достигать 1,7 мг/л», то уже одно это заставляет нас серьезно задуматься. В организме морских рыб, обитающих в Северном море (1978), все в большем количестве выявляются пластификаторы или смягчители. У одной морской чайки их содержание составило 3000 мг/кг.

Из моющих средств особое опасение вызывают фосфаты. Вероятно, их можно с успехом заменить силикатами натрия или алюминия, о которых известно, что они, согласно данным тщательно проведенных испытаний, не вызывают опасений.

Два сообщения из повседневного семейного быта в ФРГ помогут нам понять проблемы, вытекающие из интенсивной химизации нашего домашнего хозяйства:

1. Машина для мытья посуды перепродается из-за того, что в ней накапливаются

остатки моющих средств; в результате этого чистая на вид посуда несет на себе остатки вредных веществ.

2. Молоко молочной фирмы «Деметер» вдруг оказалось горьковатым на вкус, так как оно содержало остатки химических веществ, которые применялись для очистки молокопроводов и осаждались в них в виде кристаллов на стенках. («Деметер» – марка организации в ФРГ, продающей сельскохозяйственную продукцию, свободную от пестицидов).

## 42. Канцерогены в пищевых цепях

Среди тысяч чужеродных веществ, попадающих в пищу, несомненно, есть целый ряд канцерогенов, однако до сих пор, несмотря на интенсивно проводимые уже в течение нескольких десятилетий исследования, не удалось связать канцерогенность с определенной структурой вещества. Наметились, правда, некоторые подходы, так как недавно было обнаружено, что среди полициклических ароматических углеводородов канцерогенные представители четко отличаются от других соединений специфическими особенностями кристаллической структуры. На поверхностях их кристаллов молекулы расположены таким образом, что они действуют как специфические матрицы для структуроуправляемой адсорбции биогенных макромолекул. Из этого был сделан вывод, что специфическая адсорбция служит решающим этапом в процессе канцерогенеза.

В истории исследований по этиологии рака можно найти много примеров веществ, вызывающих рак, которые, как мы теперь знаем, служат первопричиной различных профессиональных заболеваний ракового характера. Среди них есть и такие, которые связаны с пищевыми цепями, как, например, широко известный так называемый «рак виноделов». Причина его – мышьяк, применяемый для борьбы с виноградной тлей филлоксерой. В качестве примера пищевых добавок приводят вещество, применявшееся ранее для подкрашивания сливочного масла в желтый цвет, – диметиламиноазобензол (в то время известное под названием метилхолантрена). После того как была установлена канцерогенность этого вещества, его уже больше не использовали для подкрашивания масла. Рюдт (Rüdt) полагает, что «такие просчеты в выборе пищевых добавок в настоящее время немыслимы». Надеемся, что он прав!

В этом месте я хотел бы особо подчеркнуть, что я с возможной тщательностью старался проверить всю приводимую в этой книге информацию. Но история исследования пестицидов уже преподала нам урок: некоторые явления, основательно изученные рядом научных учреждений, спустя несколько лет выглядели уже совсем по-иному. Здесь мы не имеем в виду те случаи, когда публиковались умышленно искаженные факты в целях борьбы с конкурентами.

Согласно моему опыту, такие примеры особенно часты с веществами, подозрительными в отношении канцерогенности. Рюдт (Rüdt, 1978, S. 16) приводит такой пример: «Широко используемое в настоящее время сладкое вещество – цикла-мат – едва не запретили в ФРГ после того, как в США в результате длительных опытов по скармливанию больших доз цикламата крысам у последних были обнаружены опухоли мочевого пузыря. В 1973 г. на международном симпозиуме по сладким веществам циклакат был реабилитирован: ни канцерогенное, ни тератогенное действие его не подтвердилось».

Дискуссия по поводу ДДТ еще не закончилась, и в этом случае тоже остаются противоречивые данные. Утверждение, что повышенная канцерогенность ДДТ «существенно проявляется в последующих поколениях», основано только на опытах с мышами. Канцерогенность какого-либо вещества, обнаруженная в таких опытах, вызывает подозрение к этому веществу; но это не означает, что данное вещество обязательно будет так же действовать и на человека.

Когда в передаче канцерогенов по пищевой цепи участвуют растения, следует принимать во внимание и большие различия в поведении последних. Известно, например, что кормовая капуста (Grünkohl) определенно содержит больше 3,4-бензпирена, чем другие растения, и объясняется это более длительным вегетационным периодом этого вида капусты, а значит, и большим накоплением этого вещества, поступающего из воздуха. Морковь и другие корнеплоды аккумулируют самые различные ядовитые вещества из почвы (у моркови есть даже межсортовые различия по месту их накопления). В условиях избыточного удобрения шпинат переводит нитраты в нитриты, последние же служат исходным материалом для образования нитрозаминов, самых активных из известных нам канцерогенов. Нитрозамины вызывают у экспериментальных животных самые разнообразные опухоли практически во всех органах. Место образования опухолей у разных видов различно. Имеет значение также выбор вещества, его дозировка и способ введения. И все же пока неясно, можно ли делать выводы о канцерогенном действии тех или иных веществ на человека, основываясь на опытах с животными.

При исследовании пищевых продуктов, употребляемых человеком, самое высокое содержание вредных веществ было обнаружено в солонине и ветчине. Жарение существенно повышает содержание нитропирролидина. Обычно нитроамины обнаруживаются только в мясных продуктах, которые были обработаны нитритом или нитратом. Поэтому органами гигиены питания вводятся определенные ограничения: в США, например, ветчина изымается из продажи, если после обжаривания она содержит более 10 мг/кг нитропирролидина.

Эйзенбранд и его сотрудники (Eisenbrand et al.) считают, что другие пищевые продукты

не содержат существенных количеств нитрозаминов (эти авторы не упоминают шпинат). Не исключено, однако, что пиво служит для человека самым важным источником N-нитрозодиметиламина. После того как было установлено, что пиво содержит нитрозамины, технология пивоварения в ФРГ была изменена таким образом, что в будущем пиво будет поступать в продажу свободным от нитрозаминов. Было установлено далее, что нитрозодиметиламин образуется в процессе приготовления пивного солода в результате воздействия окислов азота на компоненты солода в сухом воздухе.

Нитроамины в количествах, вызывающих известные опасения, был» обнаружены и в шотландском виски.

В ФРГ около 16 800 рабочих химической промышленности имеют дело с веществами, которые в 1977 г. были отнесены Германским научно-исследовательским обществом к числу агентов, вызывающих у человека рак.

Понятно, что пока еще нельзя сделать окончательных выводов о действительном масштабе опасности, угрожающей человеку в результате загрязнения окружающей среды канцерогенами (если не считать рака легких). Так, проф. Шмель (Schmähl, Институт рака в Гейдельберге) считает недоказанным повышение частоты рака в результате длительного отравления различными веществами, за исключением, как уже говорилось, рака легких. В отношении рака легких рост заболеваемости в связи с загрязнением воздуха очевиден, хотя в ряде случаев главной причиной, бесспорно, является курение сигарет.

Из сказанного может создаться впечатление, что, прежде чем наукой будет установлена связь заболеваний с определенным канцерогенным веществом, должны будут погибнуть от рака многие тысячи людей. Дело в том, что испытание какого-либо химического вещества на канцерогенность связано с огромными трудностями и обходится очень дорого. Для определения хронической токсичности и канцерогенности нового препарата, который должен пойти в массовое производство, на опыты с мышами требуется израсходовать 1,3 млн марок. Поскольку такие эксперименты должны проводиться на различных видах животных, расходы на токсикологическую проверку одного пестицида составят уже несколько миллионов марок (в дальнейшем я еще вернусь к этой проблеме). Данные 1981 г. свидетельствуют о невероятно высоких расходах: как правило, на разработку нового средства защиты растений тратится 30...40 млн марок, а срок разработки составляет 7...8 лет.

В заключение этой главы мне хотелось бы еще раз подчеркнуть, что в настоящее время мы располагаем сведениями о существовании таких явно канцерогенных веществ, при

попадании которых в больших количествах в организм уже нет надежды на спасение. Но в большинстве случаев распознать причину возникновения рака очень трудно, и иногда вещество, признанное канцерогенным, действительно вызывает рак только в том, например, случае, если человек потреблял с пищей особенно много белков.

### 43. Лекарственные вещества в пищевых цепях

Эта тема весьма обширна; однако, с одной стороны, этот вопрос еще недостаточно исследован, а с другой – он не относится непосредственно к теме моей книги. Но я бы хотел остановиться прежде всего на двух аспектах, которые приобретают все большее значение и с точки зрения «опасных примесей в пище» не должны быть обойдены вниманием: это применение антибиотиков и гормональных препаратов в животноводстве.

Антибиотики применяются при массовом разведении животных главным образом в так называемых «нутритивных» дозах, т.е. в количествах, меньших, чем лечебные дозы. Во-первых, они уменьшают риск инфекции при массовом содержании скота; во-вторых, обеспечивают лучшее усвоение корма (и тем самым более высокую мясную продуктивность); в-третьих, могут удлинять сроки хранения мяса за счет уменьшения количества бактерий, находящихся в организме животного. Но их остаточные количества в пищевых продуктах способны, например, вызывать у человека явления аллергии или создавать устойчивость болезнетворных агентов.

Если антибиотики таким путем попадают в *молоко*, то оно становится непригодным для приготовления сыра.

Гормональные препараты используются при откорме животных, так как они стимулируют их рост. В качестве тирео-статиков среди прочих препаратов применяются диэтилстильб-эстрол и производные тиюрацила. Некоторое количество этих препаратов остается в мясе животного и способно вызвать у человека нарушение гормонального баланса.

В 1980 г во Франции прошла кампания бойкота телятины, вызванная тем, что производители вопреки запрету подкармливали животных эстрогенными препаратами, остаточные количества которых в мясе были весьма существенными. В ФРГ при проверке было установлено высокое содержание остаточных эстрогенов в продуктах для детского питания, приготовленных с добавлением телятины (возможно, поступившей из Италии).

Насколько серьезно общественность была обеспокоена такими тенденциями в пищевой

промышленности, свидетельствует мрачная шутка, которую выдала в эфир в октябре 1980 г. одна из западногерманских радиостанций. Утренняя музыкальная передача была прервана следующим сообщением: «Сообщаем для жаждущих лекарств – один фунт телятины стоит сегодня...»

Поводом для последовавшего запрета на добавки диэтил-стильбэстрола при откорме телят было требование сначала добиться того, чтобы контрольные службы, определяющие остатки эстрогенных веществ в пищевых продуктах, имели необходимые для этого условия. Именно поэтому находчивые поставщики телятины стали использовать другие гормоны, которые либо еще не подлежали проверке, либо не поддавались обнаружению.

Тем временем эстрогены через сточные воды в столь значительных количествах попадали в некоторых местностях в воду (в том числе и питьевую), что возникла опасность для здоровья детей и взрослых мужчин; причиной этого считают широкое использование женщинами противозачаточных таблеток.

В связи со средствами, применяемыми для ускоренного откорма животных, здесь следует еще упомянуть бета-ингибиторы, или бета-блокаторы, представляющие угрозу прежде всего для сердечных больных и диабетиков.

Невозможно перечислить здесь все лекарственные средства попадающие в пищевые цепи или иным образом наносящие вред здоровью человека; тема эта настолько обширна, что может стать предметом отдельной книги. Поэтому приводимые мною ниже примеры носят характер более или менее случайных единичных моделей.

Так, например, в Японии в 50-х годах была выявлена картина заболевания (иногда даже со смертельным исходом), вызванного отравлением лекарственными средствами и названного «смон-синдромом» (подострая миелооптиконевропатия). Выяснилось, что причиной явились медикаменты на основе оксихинолина – прежде всего мексаформ, выпускавшийся фармацевтической фирмой Ciba. Примечательно, что этот синдром отмечался почти исключительно в Японии, что свидетельствует о комплексном характере причин его возникновения. Именно в Японии чаще всего наблюдались инфекционные желудочные заболевания, к которым здесь относились очень серьезно и при лечении которых применялся мексаформ. С другой стороны, предостережения на японском языке, напечатанные на упаковке лекарства, были не такими ясными или же их не воспринимали так серьезно, как аналогичные тексты на других языках: Хотя этот синдром встречался только в Японии, шведские врачи тоже выступили с требованием вообще отказаться от применения оксихинолина в терапевтической практике.

Химическое соединение ацетилэтилтетраметилтетралин (АЭТТ) из-за своего приятного мускусного запаха добавлялось в мыло и другие косметические средства, пока в 1948 г. исследования на животных не показали, что это средство после наружного (накожного) применения окрашивает всю нервную систему и другие внутренние органы в серо-зеленый или голубой цвет и вызывает воскообразное перерождение нервных волокон и вакуолярную дегенерацию миелиновых оболочек и вещества мозга.

Когда овец с целью борьбы с эктопаразитами купают в воде с хлорорганическими инсектицидами, эти растворимые в жирах химикаты тоже попадают в мази и косметические средства (основой которых является ланолин).

#### **44. Удобрения и окружающая среда**

Недоверие неспециалистов к искусственным удобрениям, которые в ФРГ принято называть товарными (что звучит менее подозрительно), было скорее инстинктивно-эмоциональным, чем разумно обоснованным. Аналогичный упрек следует сделать и агрономам, категорически отвергавшим любое сомнение в безобидности химических удобрений. Если оказывается, что после внесения в почву удобрений погибают тли, обитающие в кроне елей, то возникает сомнение в том, что этот эффект – результат оздоровления дерева после внесения удобрения.

Если взять сельскохозяйственные продукты, получаемые благодаря искусственным удобрениям, то нельзя не отметить, что увеличение количества происходит порой за счет ухудшения качества. Но было бы ошибкой сваливать всю вину за так называемые болезни цивилизации только на это обстоятельство. Конкретных знаний о возможном отрицательном влиянии избыточного удобрения на продовольственные продукты у нас пока почти нет. В этом отношении можно говорить лишь о шпинате: например, если оставить шпинат с повышенным содержанием нитратов (частый результат избыточного удобрения огородной земли) на несколько часов при комнатной температуре, то в нем резко возрастает содержание нитритов, а количество нитратов падает. Нитриты же служат основой для образования нитрозаминов, которые, как известно, относятся к сильнейшим канцерогенным веществам.

Другие примеры загрязнения природной среды вредными веществами, содержащимися в удобрениях, уже приводились нами ранее. В последнее время все чаще в качестве удобрений стали использовать такие материалы, которые раньше никогда не применялись, – например, отстойный ил или мусор. А ведь именно с ними в продукты питания может попасть значительное количество тяжелых металлов, опасных для здоровья человека и частично накапливающихся в его организме. Разумеется, владелец земельного участка или сада не может точно знать, попали ли какие-либо

вредные вещества в почву вместе с отстойным шламом или мусором, используемым в качестве удобрения.

Согласно данным Федерального ведомства по изучению водоемов в Кобленце, «наши водоемы не загрязнены средствами защиты растений и удобрениями». Лишь в мелких водоемах со стоячей водой смытые с полей удобрения при некоторых условиях могут стать серьезным балластом.

При такого рода информации у неспециалистов все время создается впечатление, что, когда отдельные исследователи предупреждают об опасности некоторых биологически активных веществ, это часто звучит весьма серьезно и, как правило, убедительно обосновывается; но затем на основании экспертизы какого-нибудь института снова выносится суждение об их безвредности. Проходит, однако, 5...10 лет, и становится совершенно очевидным, что опасность куда больше, чем это предсказывалось экспертами.

## 45. Добавки к пищевым продуктам

Вещества, добавляемые в продукты питания, подразделяются на красители, отбеливающие вещества, консерванты, средства, предотвращающие порчу фруктов, антиоксиданты, средства для очистки питьевой воды, сладкие вещества, антибиотики и гормоны в мясе (о них уже подробно говорилось в разделе 43).

Красящие вещества «следует добавлять только к тем продуктам, которые в процессе их изготовления утратили свою окраску (как, например, мармелад) или же от природы лишены равномерной или приятной окраски (как, например, ломтики мяса озерной форели)».

В ГДР применение красящих веществ для пищевых продуктов регламентируется Положением о пищевых красителях от 18. X. 63 г. Доктор Бейблер (Beubler) (Институт бродильных производств и безалкогольных напитков в Берлине) в своей статье от 20 марта 1980 г. высказался так: «О производстве напитков в ГДР можно сказать, что интенсивность их окраски в настоящее время сведена до минимума».

Большое внимание привлекли к себе уродства у обезьян в Японии, причины возникновения которых остаются до конца не выясненными. В результате применения сельскохозяйственных ядохимикатов у них стало появляться все больше аномалий развития (отсутствие верхних и нижних конечностей, их искривление и укорочение, деформация внутренних органов).

Хуже всего обстояло дело с полуприрученным стадом обезьян, обитающих на острове Авадзи: у них за два года при 26 родах появилось в общей сложности 20 уродов. Причиной этого считают яды, применявшиеся для борьбы с сорняками, а также консерванты, которые использовали крестьяне острова на мандариновых плантациях и в яблоневых садах. Хотя эти средства были после того запрещены, их действие все еще сказывается.

И в других местах причиной уродств были признаны химические добавки к пищевым продуктам и консерванты, добавлявшиеся в корм обезьянам. При сравнении двух стад обезьян на другом острове выяснилось, что уродства появлялись в том стаде, которое постоянно подкармливали люди.

Профессор Дзун Уи (Jun Ui) предсказывал тогда, что в скором будущем следует ожидать и возрастания числа уродств у новорожденных детей человека.

Тем временем предсказания профессора Уи, по-видимому, уже начал оправдываться. Согласно сообщениям печати в Японии, «число мертворожденных детей с врожденными уродствами туловища за последние 20 лет выросло в 12 раз. Как сообщалось в Токио, причиной аномалий у утробных плодов считают рентгеновское облучение и вредные химические вещества в пище, попадающие в нее из загрязненной природной среды. Исследования показали, что покупаемые в Японии продукты содержат свыше 300 различных химических добавок. Особо опасным признано добавляемое в пищу вещество AF-2, которое воздействует на мужские половые клетки».

О профессоре Отто Варбурге – лауреате Нобелевской премии, бывшем директоре Института биохимии имени Макса Планка в Берлине-Далеме (Западный Берлин), рассказывают: его так ошеломил тот факт, что с момента посева зерна до момента выпечки хлеба в пекарне в хлеб попадает до 60 химических добавок, что он стал отныне покупать зерно у хозяина, который никогда не пользовался химическими удобрениями; потом он вместе со своими ассистентами молот это зерно в институте и пек хлеб.

Что касается пищевых добавок, то не всегда существует четкая грань, определяющая криминальность их применения. К концу 1981 года от разразившейся в мае того же года «испанской легочной чумы» погибли около 200 человек и более 15 000 заболели. Причиной возникновения «чумы» послужило растительное масло, продававшееся как пищевое «чистое оливковое», на самом же деле оно состояло на 90% из рапсового масла, к которому умышленно было добавлено 2% анилина, чтобы воспрепятствовать его использованию в пищу. Фальсификаторы масла не смогли полностью удалить анилин, а также олеоанилид – жировое соединение анилина. Последнее практически неуязвимо. Клетки, в которых отложился олеоанилид, отмирают, вновь и вновь

высвобождая это ядовитое вещество, чем и объясняется длительное течение болезни.

## 46. Биологически активные вещества упаковочных материалов

Всеобъемлющая химизация нашей действительности коснулась и упаковки для пищевых продуктов. В качестве добавок к пленкам, используемым для упаковки, применяются следующие вещества: пластификаторы, мягчители, термостабилизаторы, хемостабилизаторы (предохраняющие от действия ультрафиолетовых лучей и кислорода), антистатики.

Самое неприятное состоит в том, что некоторые из упомянутых химикатов переходят в упакованные продукты и тогда уже представляют опасность. Пример тому винилхлорид пленок, о чем уже говорилось в разд. 33.

Молотая гвоздика, которая продавалась в пакетиках из полистирола, содержит эфирное масло; это масло проникало в пластик и действовало как пластификатор. В результате порошок гвоздики утрачивал свои качества из-за потери эфирного масла, а из упаковки в порошок переходили летучие мономеры (например, моностирол).

При покупке сгущенного молока следует обращать внимание на вид упаковки. Если швы и крышка банки со сгущенным молоком *зафальцованы*, то практически нет опасности перехода свинца в молоко. Узнать такую упаковку можно по выступающему краю крышек. У незафальцованных банок поверхность крышки гладкая; кроме того, на одной из сторон можно видеть запаянное отверстие, через которое заполнялась банка. При таком устройстве банки существует опасность проникновения в молоко свинца в значительных концентрациях.

Фасованное молоко (как и другие консервы) нельзя оставлять в открытых банках (даже в холодильнике). Особенно повышается концентрация свинца при длительном хранении в холодильнике открытых консервов. Уже спустя два дня исходное содержание свинца удваивается, а через 7 дней его становится втрое больше. Туец в запаянных банках содержит в 10 000 раз больше свинца, чем свежельовленный.

## 47. Другие яды в пище

Встречающиеся в природе яды могут попадать в нашу пищу из почвы и из воздуха. Они не относятся к токсикантам окружающей среды в принятом смысле этого термина, хотя и действуют таким же образом; они представляют собой «природные» ядовитые вещества, в появлении которых мы неповинны и которые в большинстве случаев не находятся под нашим контролем. Но это отнюдь не означает, что мы не должны ими

заниматься, и чем больше мы будем изучать ядовитые вещества, привносимые в окружающую среду человеком, и их циркуляцию, тем чаще будем сталкиваться и с природными ядовитыми веществами (или получать указания, где их следует искать).

Давно известно, что поборники современной химизации пытаются отвлечь внимание на другие источники ядовитых веществ. Смысл этого таков: привносимые человеком яды не должны волновать нас, ибо наряду с этим они встречаются и в природе. Но в действительности это должно означать следующее: да, этот яд встречается и в природе, но тем более мы должны постараться сделать все возможное, чтобы не увеличивалось его содержание в окружающей нас среде.

Поэтому так заметен и огорчителен умысел в сообщении, появившемся вскоре после обнаружения в естественных пищевых цепях ртути, привнесенной человеком, что, дескать, и выбросы вулканов содержат ртуть и загрязняют тем самым окружающую среду.

Если мы оставим такие неорганические яды природного происхождения (к которым, между прочим, следовало бы причислить и цинк), то среди органических ядовитых веществ, попадающих в нашу пищу, мы должны прежде всего назвать различные пряности (в больших дозах!) или масло горького миндаля. Среди ядов, которые чаще всего образуются в пище при ее консервировании, уже давно известен ботулинический токсин, вырабатываемый бактерией *Clostridium botulinum*; речь идет о самом опасном из ядовитых веществ.

Лишь в последние годы начали интересоваться в значительной мере и микотоксинами (ядами плесневых грибов), прежде всего *афлатоксинами* (содержащимися в желтой плесени земляных орехов, американского или бразильского ореха и др.). Афлатоксин В1 считается сильнейшим канцерогенным веществом среди известных нам в настоящее время.

К ряду подобных явлений примыкает и зловещая пищевая цепь с *сальмонеллами* из птичьего помета. В интенсификации животноводства решающую роль играет обеспечение кормами, и поэтому в последнее время в качестве корма стали использовать такие вещества, которые раньше никогда не применялись. Так, например, при интенсивном животноводстве в корм крупному рогатому скоту добавляется птичий помет, который, как правило, очень богат питательными веществами; в связи с этим некоторые виды птичьих сальмонелл могут вызывать и заболевание людей, потребляющих говядину или телятину (так как сальмонеллы в этой пищевой цепи сохраняют свою жизнеспособность).

## 48. Пластмассы в отделке квартир

В красках, лаках, пропиточных средствах, клеях, изоляции, стенных и потолочных облицовочных материалах, коврах, мебели и т.д. часто содержатся ядовитые вещества, которые распространяются в жилых помещениях и могут стать причиной заболеваний. Но до сих пор об этом мало что с точностью известно, и потому нужно думать об инкубационном периоде порядка 20...30 лет; только после этого можно ожидать верной оценки действия такого рода веществ на обитателей квартир.

При нашей высокоразвитой технике следует считаться с возможностью самых неожиданных вещей. Так случилось, например, со специалистами по гигиене питания в Женеве, изучавшими пищевые продукты, когда у них в новых лабораторных помещениях вдруг отказали высокочувствительные приборы, с помощью которых эти продукты исследовались на содержание в них вредных веществ: приборы стали регулярно показывать завышенные данные. Оказалось, что причиной этого были синтетические краски, покрытия потолков, осветительные приборы и т.п., которые сейчас всюду используются в современных зданиях и содержат вредные вещества, выделяемые синтетическими материалами и оседающие на другие предметы в этих помещениях. Хотя эти вредные вещества внесены в список запрещенных постановлением о *продовольственных* продуктах Швейцарского федерального правительства, этот запрет не распространяется на их использование в строительных материалах. Несмотря на то что в течение целого года проводился эксперимент по удалению из соответствующих лабораторных помещений вредных веществ, выделяемых синтетическими материалами, он не дал положительных результатов. Это означает, что помещения стали непригодны для проведения анализа пищевых продуктов.

Синтетические вещества могут стать особенно опасными при их обугливание. В этом случае образуются синильная кислота и окись углерода (угарный газ), от которых может быстро наступить смерть. Даже при сжигании пленки для упаковки сосисок могут выделяться смертельно опасные газы.

В последнее время появляется все больше сообщений о токсичности самых различных растворителей, которые хотя и не стоят открытыми в жилых помещениях, однако часто применяются при разного рода работах (например, малярами или реставраторами). В публикациях 1984 г. встречаются даже утверждения или предположения, что растворители наряду с сернистым газом представляют собой второй по значимости компонент загрязнения воздуха. Токсичность растворителей несомненна, но такое неожиданное и до сих пор неслыханное сравнение не может не вызвать известного скепсиса. В нем можно видеть своего рода маневр для отвлечения внимания

общественности от сернистого газа, поскольку проблема сернистого газа не может быть решена без крупных капиталовложений.

Из-за высокой токсичности растворителей закон ФРГ предписывает изготовителям лаков, красок, клеящих веществ и т.п. в обязательном порядке информировать потребителей об опасных для человека растворителях соответствующими надписями на упаковке. Но обязательно это лишь в том случае, если доля растворителя составляет не менее 25%. Поэтому изготовители обходят это предписание, смешивая, например, три различных растворителя, так что доля каждого из них оказывается меньше 25%. В таком случае обязанность предупредить об опасности отпадает, даже если доля трех токсичных растворителей, взятых вместе, существенно превосходит допустимую границу. Таким образом, непосвященный потребитель приходит к ложному заключению о том, что данный продукт не содержит опасных количеств токсичного растворителя.

#### **49. «Электрическое загрязнение» окружающей среды**

Синтетические материалы для оборудования квартир могут оказывать вредное воздействие на здоровье человека и помимо выделения ядовитых газов (как об этом говорилось в гл. 48), а именно через электризацию. Мебель, напольные покрытия (ковры, паласы), занавески, пенопласт могут оказывать электростатическое действие, если они изготовлены из синтетических материалов. Синтетические вещества иногда очень сильно заряжаются статическим электричеством. И хотя спустя некоторое время этот заряд ослабевает, вскоре он вновь начинает увеличиваться. Эти явления электрической зарядки и разрядки наряду с искажением электрических полей воздуха обуславливают большую нагрузку на нервную систему человека.

Лотье (Lautie) считает «электрическую нагрузку» по меньшей мере столь же опасной, как и отравление продуктов питания. Она поражает нейроны человеческого организма, лишает его гармонии, оказывает раздражающее воздействие, вносит беспокойство и в конце концов истощает нервную систему.

Наряду со статическим электростатическим зарядом, неестественной ионизацией и искажением полей почти в каждом доме добавляются еще переменные электромагнитные поля, создаваемые электропроводкой и электроприборами.

По мнению Пресмана (Presman), чувствительность к неадекватным электромагнитным полям (невысокой интенсивности) особо проявляется на различных стадиях онтогенетической дифференцировки организма: в эмбриональном периоде и во время роста организма (до достижения половой зрелости). Даже слабые воздействия в эти периоды приводят к серьезным нарушениям – к хромосомным абберациям, к

торможению эмбриональной дифференцировки клеток, к нарушениям роста.

Приведенные примеры не касаются воздействия телевидения, но очевидно одно: мы еще очень мало знаем о масштабах вреда от телевидения из-за рентгеновских лучей, идущих от телевизора (не говоря уже о вреде для глаз и психики).

Моя родственница Маргит оказалась сверхчувствительной к электрополям и токам. Она страдала бессонницей, потому что примерно в 60...80 метрах от ее дома в Ульме проходила высоковольтная линия (60 кВ). Эта нагрузка была для нее столь катастрофична, что муж был вынужден увозить ее ночью в горы, чтобы она могла заснуть. Администрация энергосети отрицала возможность такого воздействия. Тогда была достигнута договоренность о том, что в порядке эксперимента линия время от времени будет отключаться. В течение 2 – 4 минут Маргит замечала, включена или отключена линия, и тотчас же звонила на электростанцию. Понятно, что ток отключали и включали, не ставя в известность никого из членов ее семьи. Из этого ясно видно, что есть люди, обладающие сверхчувствительностью к близко расположенным линиям высокого напряжения. Возможно, что это очень редкий случай, один на сто тысяч человек, но тем более важно зарегистрировать и такой случай. Второй, третий или четвертый из этих ста тысяч может оказаться особо чувствительным к хлорированной питьевой воде, к очень слабой вибрации или к рентгеновским лучам: такие эффекты еще слишком мало изучены, поэтому нельзя ни отмахиваться от них, как от суеверия, ни рассматривать их как сверхъестественное чудо.

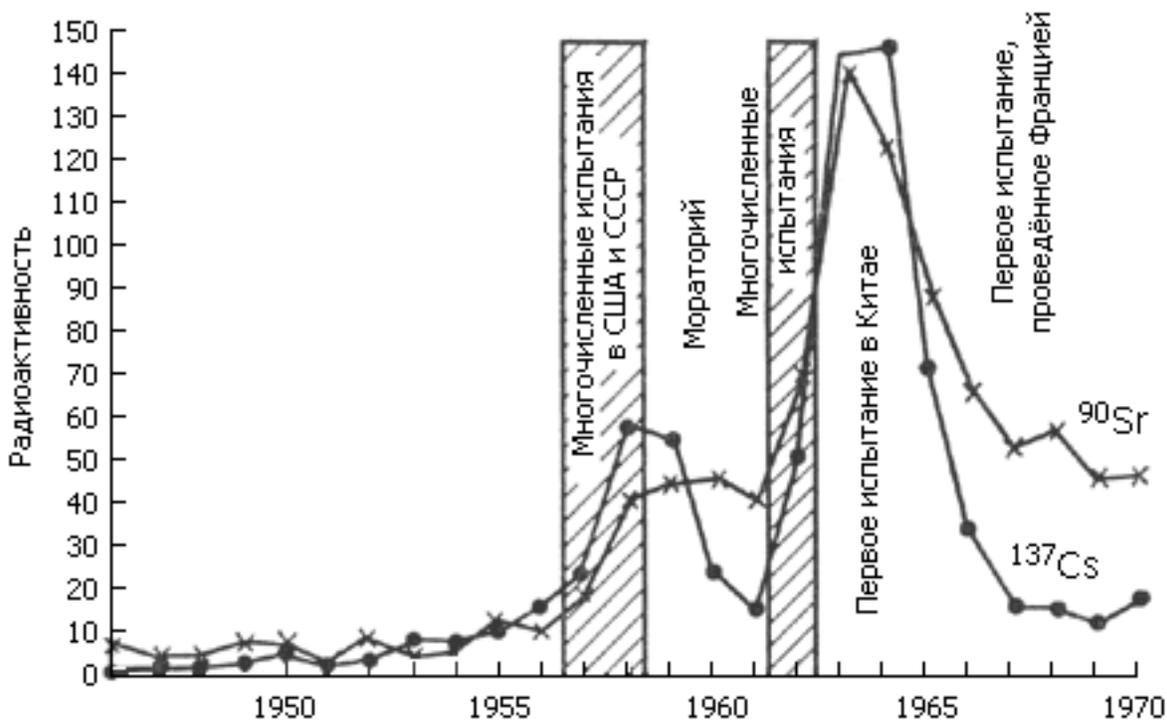
Очень важно в этой связи то, что моя родственница вовсе не искала повода непременно покинуть дом – совсем напротив, она была готова жить там постоянно и очень радовалась своему дому, но электрические помехи так воздействовали на нее, что ее дальнейшее проживание там стало невозможным.

При исследовании подобных случаев нужно, по-видимому, учитывать и такой вопрос: насколько значительны различия между применявшимися ранее керамическими изоляторами высоковольтных линий и широко используемыми в настоящее время стеклянными изоляторами?

Весь комплекс «электричество как загрязнитель окружающей среды» не относится как таковой к теме моей книги о ядах в пищевых цепях. Но я упомянул здесь о нем, поскольку электричество обычно упускают из виду при рассмотрении факторов, нарушающих условия среды. Тому, кто интересуется этим вопросом в деталях, я рекомендую обширную работу, опубликованную в 1982 г. (Brinkmann, Schäfer).

## 50. Радиоактивные изотопы

Лучевые повреждения – самостоятельная область, настолько широкая, что заслуживает отдельной книги. Строго говоря, она не относится к теме «токсиканты окружающей среды» в узком смысле, но поскольку источники радиоактивности тоже являются компонентами пищевых цепей (атмосфера – ветер – дождь – почва – растение – животное – человек), я хотел бы вкратце коснуться и этого вопроса и, сославшись на Рюдта (Rüdt), упомянуть о том, что измеряемая радиоактивность неуклонно снижается с тех пор, как в 1963 г. было подписано соглашение о прекращении наземных атомных испытаний. «Подземные испытания ядерного оружия, проводимые и сегодня США и СССР, судя по всем известным результатам измерений, не приводят к увеличению радиоактивности продуктов питания» (Rüdt, S. 45).



**Рис. 38.** Повышение содержания радиоактивных изотопов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в молоке (Нью-Йорк) после испытаний атомного оружия (Hodges, 1977)

Важнейшими по степени опасности для человека являются следующие изотопы:  $^{131}\text{I}$  – для щитовидной железы;  $\text{Sr}^{89}$ ,  $\text{Sr}^{90}$  – для костей;  $\text{Cs}$  – для мышц.

Радиоактивный цезий был обнаружен в организме лапландцев и эскимосов в количестве, в 10...100 раз превышающем его содержание у обитателей умеренных широт. Дело в том, что цезий после выпадения из атмосферы концентрируется в лишайниках; северные олени (и, в частности, карибу) питаются главным образом лишайниками, а эскимосы и лопари употребляют мясо этих животных в пищу.

В то время как плутоний III и плутоний IV лишь в незначительных количествах проходит через стенки кишечника, плутоний VI проникает в организм намного легче. В хлорированной воде плутоний III и плутоний IV превращаются в плутоний VI. Этот факт означает, что допустимые пределы содержания плутония в питьевой воде должны быть существенно снижены по сравнению с современными нормами.

Повышение содержания радиоактивного стронция ( $Sr^{90}$ ) и цезия ( $Cs^{137}$ ) в молоке отмечено в Нью-Йорке в связи с испытанием атомных бомб. На приведенном графике отчетливо видно снижение их содержания в молоке после заключения соглашения между США и СССР о запрещении наземных испытаний ядерного оружия (последние ядерные взрывы были в 1962 г.), а затем снова повышение в связи с ядерными испытаниями в КНР и во Франции – странах, отвергнувших ядерный мораторий (Hodges, 1977, p. 333, Fig. 15...2).

Когда в 1975 г. в результате неисправности трубопроводов на заводе по регенерации ядерного топлива «Уинд скейл» в Англии в море попало большое количество цезия-137, содержание радиоактивного цезия в промысловых рыбах поднялось до 40,6 нанокюри на 1 кг. Годовая радиоактивная нагрузка в пище человека не должна превышать 700 нанокюри.

Воды, сбрасываемые атомной электростанцией в Хэнфорде (США), считались вначале совершенно безопасными. Однако позже выяснилось, что в соседних водоемах в 2000 раз повысилась радиоактивность планктона, а радиоактивность уток, питавшихся планктоном, возросла в 40 000 раз; рыбы же стали в 150 000 раз радиоактивнее вод, сбрасываемых станцией. Ласточки, ловившие насекомых, личинки которых развивались в воде, обнаруживали радиоактивность в 500 000 раз более высокую, чем у вод самой станции. В желтке яиц водоплавающих птиц радиоактивность повысилась в миллион раз.

Н. Смирнов охарактеризовал значение радиоактивных веществ в плане проблематики нашей книги следующим образом: «Если радионуклиды накапливаются в растениях, это приводит к нарушениям метаболизма у животных, питающихся этими растениями, к возникновению злокачественных опухолей и к появлению уродств в результате нарушения эмбрионального развития» (Smirnov, 1981).

• [Главы 51...60](#)

[Оглавление](#)

**Дата публикации:**

17 марта 2008 года

**Электронная версия:**

© [НиТ. Раритетные издания](#), 1998

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 51. Периоды полураспада

Понятие «период полураспада», первоначально относившееся к радиоактивным изотопам, употребляется и для характеристики токсикантов окружающей среды. Для метил ртути, например, приводятся следующие данные о периодах биологического полураспада: у мыши 8 дней, у человека 80 дней, у тюленя 6 месяцев, у щуки до 3 лет, у моллюсков до 3 лет. Уже одно это говорит о том, что обобщения здесь вряд ли возможны. Я провел серию опытов, в которых определял стойкость остатков ряда инсектицидов. Оказалось, что, на пример, время сохранения инсектицида Е 605 (паратиона, или тиофоса) существенно зависит от субстрата и микроклиматических факторов; поэтому я не считаю возможным делать далеко идущие выводы на основе отдельных наблюдений.

Уменьшение количества ДДТ в растениях и ягодах нельзя объяснить только тем, что он отмывается водой или расщепляется в процессах метаболизма. Большая часть ДДТ медленно улетучивается в атмосферу (и разносится ветром в места, где этот препарат никогда раньше не применялся). То же самое можно сказать и о других пестицидах, а также о полихлорированных дифенилах.

Период биологического полураспада кадмия в организме человека составляет около 15 лет.

## 52. Взаимодействие биоцидных агентов

Для лесных зоологов большим событием было открытие того факта, что при борьбе с определенным вредителем леса совместное применение инсектицида и бактерий *Bacillus thuringiensis* дает намного больший эффект, чем каждое из этих средств в отдельности; при этом достаточно было половины обычной дозы каждого из них. Такой синергизм инсектицида с бактериями позволяет существенно уменьшить дозу препарата (больше чем вдвое, поскольку комбинация дала лучший эффект), а значит снизить и количество вносимого в окружающую среду токсиканта (бактерии *B. thuringiensis* здесь в расчет не принимаются).

Однако подобные факты сами по себе еще не позволяют делать обобщения: если у каких-то видов насекомых такой синергизм и эффективен, то могут быть и иные случаи, где аналогичная комбинация даст отрицательный эффект. Нужны дальнейшие конкретные исследования, и этот комплекс вопросов представляет собой важную задачу в области так называемой интегрированной борьбы с вредителями.

В связи с этим возникает и совсем иной вопрос: если действительно какой-либо токсичный инсектицид в сочетании с агрессивной бактерией особенно сильно воздействует на определенное насекомое, то не может ли случиться, что и человек при накоплении в его организме инсектицида станет намного более восприимчив к бактериальной инфекции?

Я обсуждал эту проблему на примере гибели перелетного дрозда, так как имелись данные (Steiniger) о том, что симптомы отравления ДДТ у этой птицы весьма сходны с симптомами заболевания паратифом и причиной гибели дроздов, возможно, была эпизоотия паратифа. Однако в причинной цепи, указанной Р. Карсон (Carson), все отдельные звенья имели и самостоятельное значение. Все говорит о том, что все-таки основной причиной был ДДТ! Если и в самом деле тогда была эпизоотия паратифа, то вовсе не исключено, что инсектицид создал для нее благоприятные условия. Если даже доказано, что причиной гибели был паратиф, то вполне возможно, что без содействия ДДТ он не распространился бы!

Я вовсе не хочу сделать вывод, что ДДТ «не так уж опасен» – совсем напротив, он гораздо опаснее: ведь даже малая его доза, не вызывающая непосредственно гибели, настолько ослабляет организм (в данном случае дрозда), что он погибает от инфекции, которую в ином случае мог бы перенести.

Есть и такие случаи, когда один из компонентов интегрированного воздействия сам по себе безвреден. Такова, например, ржавчина, – но в легких она способствует накоплению бензпирена из выхлопных газов.

Прудовики *Lymnaea stagnalis* переносят загрязнение воды цинком (24 и 75 мг/кг  $Zn^{2+}$ ) заметно хуже, если эти улитки одновременно были еще заражены трематодами *Schistosoma-tium* и *Trichobilharzia*.

Встречаются и случаи «положительного» взаимодействия. Например, селен смягчает последствия отравления метил-ртутью – он хотя и не устраняет ее действия, но меньшей мере отдалает смертельный исход (Chang et al., 1977). Селен содержится в морской воде, и многие морские организмы аккумулируют ртуть и селен в соотношении

1:1. Одно из следствий этого – меньшая опасность употребления в пищу морских рыб (прежде всего в смысле отравляющего воздействия на мозг) по сравнению с пресноводными рыбами с таким же содержанием ртути, аккумулированной из промышленных стоков.

У личинок комаров имеет место антагонизм между действием аналога ювенильного гормона альтозида и действием бактерий *Bacillus thuringiensis*. Поэтому оба эти фактора неприменимы вместе для борьбы с комарами. Выяснилось, что личинки комаров, которых в течение суток и более подвергали воздействию альтозида, становились более устойчивыми к *B. thuringiensis*, чем до обработки им.

Есть и такие яды, которые в сильно разведенном состоянии смертельны, а в высокой концентрации не причиняют вреда. Другие часто действуют амбивалентно: например, меток-сихлор, хлорофос и карботион стимулируют как инфекционную активность мирацидиев, так и бесполое размножение личинок печеночной двуустки (*Fasciola hepatica*) в улитках (Striczyńska et al.).

В конце раздела о кадмии (разд. 31) я привел случай синергизма тяжелых металлов, а именно кадмия и цинка (Roth, Oberländer).

Эти избранные примеры имеют целью показать, сколь многообразны возможности взаимодействий и как различны их формы, уже известные нам. В целом же мы знаем еще слишком мало об этих комбинированных эффектах. До сих пор не утратило своей актуальности предостерегающее высказывание: «Все еще остается без ответа вопрос о том, какое влияние на здоровье оказывают остаточные количества [вредных веществ], взаимодействуя с другими добавками, содержащимися в продуктах питания».

После применения различных инсектицидов против вредителей хлопчатника отмечено увеличение численности земляничного паутинного клеща *Tetranychus turkestanii* (Al-Ne'Ami). Причиной этого считают, с одной стороны, уничтожение естественных врагов паутинного клеща, а с другой – увеличение продолжительности жизни особей этого вида и повышение его плодовитости в результате применения инсектицидов.

### 53. Проблемы острой и хронической токсичности

Токсичность пестицида характеризуют обычно величиной  $L_{50}$  для подопытных животных: это такое количество, введение которого в организм приводит к гибели 50% животных (определенного вида – как правило, крыс). Эта *острая* токсичность легко измеряется и производит большое впечатление. Она позволяет сравнивать различные биологически активные вещества и – ввиду опасности ошибки, неумышленного применения или преступных действий – распределять их по классам токсичности

согласно «Закону о ядах».

Эту характеристику острой токсичности используют в случаях необходимости оценки отравлений инсектицидами. В США один случай смертельного отравления пестицидами (за 1 год) приходится на один миллион жителей. Больше половины всех случаев отравления – это отравление у детей в возрасте до 10 лет. Из числа пострадавших детей, поступивших в детскую клинику Аарау в 1955 году, таких отравлений было 0,6% и в 1971 г. – 2,5%. Однако считают, что общий процент смертности от отравлений не увеличился.

В беседах, докладах и лекциях я всегда придерживался той точки зрения, что острая токсичность пестицидов не имеет большого значения. В основе такого утверждения был мой личный опыт паразитолога – я знал, что единичный больной сыпным тифом в сообществе людей, не зараженных платяными вшами, не представляет никакого интереса для эпидемиологии: нет платяных вшей – значит, сыпной тиф не будет распространяться.

Понятно, что моя постановка вопроса провокационна. Цель ее – обратить внимание на то, что смертные случаи так или иначе всегда регистрируются и вызывают тревогу, поэтому не следует привлекать особое внимание к случаям острого отравления; но то, что далеко не столь очевидно, – это опасность хронического отравления людей, или «метатоксичность» биологически активного вещества: она-то практически не поддается целенаправленной оценке и обнаружению.

На один случай смертельного отравления пестицидами приходится примерно тысяча более или менее легких случаев, и примерно сто из них – явные отравления, иногда даже с тяжелыми симптомами. Но в этой тысяче *не учтены* случаи причинения ущерба здоровью в результате хронического воздействия остаточных количеств пестицидов. Мы должны считаться с тем, что число *таких* случаев во много раз больше.

Эта обширная область настолько сложна, что она уже стала почти необозримой. Дело прежде всего в том, что она еще слишком мало изучена. А это в свою очередь обусловлено не только тем, что тщательные проверки стоят дорого и требуют много времени, но главным образом трудностью решения вопроса, *что и как* следует проверять, – ведь нет (и, вероятно, не может быть) стандартных методов, позволяющих делать общие заключения. И все-таки (или именно поэтому) я привожу здесь многие факты из мозаики уже известного, рискуя не только обнаружить пробелы именно в этой области, но и увидеть, что в том или ином случае придется пересмотреть те или иные данные.

Больше всего нам известно о нейротоксическом действии инсектицидов. Согласно данным венгерских исследователей, остаточные количества ДДТ могут вызывать неконтролируемую активность мозга, которая никак не проявляется в электроэнцефалограмме. Такие неврологические нарушения при наличии даже малых остаточных количеств ДДТ в мозгу могут поставить под угрозу само выживание того или иного вида птиц.

Скорее всего такого рода минимальные нейротоксические воздействия поддаются выявлению при исследовании обучаемости. Именно в таких случаях существенную роль играет направление, развиваемое в СССР, – рефлексотоксикология.

Менее изучены, хотя в принципе легче поддаются оценке, аномалии развития, связанные с эмбриотоксическими воздействиями. Вредность метилртути, попадающей в пищевые цепи, проявляется обычно уже при ее концентрациях порядка  $10^{-7}$ , а концентрации порядка  $10^{-9}$  способны вызывать у лягушки *Rana pipiens* селективные аномалии развития и даже полностью прекращать дальнейшее развитие эмбриона. Катастрофа с талидомидом показала, что существуют вещества, способные уже в микродозах вызывать губительные эффекты. Но это не значит, что каждый инсектицид обязательно столь же коварен. Однако, согласно теории вероятностей, мы можем ожидать, что среди сотен инсектицидов может найтись один дьявольски опасный.

Весь опыт применения инсектицидов показывает, что у некоторых из них после нескольких лет их широкого использования вдруг проявляется побочное действие, которого никто не предполагал – уже потому, что эффект оказывается неожиданно совсем иным, чем у других известных биологически активных веществ. Этот опыт должен служить предостережением и подготавливать нас к тому, что у любого нового активного вещества даже после самой тщательной проверки спустя несколько лет могут проявиться коварные свойства.

Еще сложнее ситуация, когда вредное действие проявляется лишь в одном из последующих поколений. Например, в опытах со скормливанием кельтана мышам уродства возникали только в третьем поколении ( $F_3$ ).

**Рис. 39.** Повреждения хромосом, вызванные пестицидами, у конского боба (*Vicia faba*).  
Вверху: слева анафаза нормального деления клетки; справа – анафаза с кольцеобразным фрагментом хромосомы между двумя группами хромосом (после обработки гербицидом – гидразидом малеиновой кислоты).  
Внизу: слева – трехполюсная анафаза, результат частичного повреждения веретена (после обработки инсектицидом гексахлорциклогексаном); справа – К-анафаза, результат полного нарушения образования митотического веретена (после обработки инсектицидом парадихлорбензолом)

При оценке угрозы диким животным от остатков токсикантов следует иметь в виду, что голодное, находящееся в стрессовом состоянии или больное животное более чувствительно к ядам и поэтому может существенно пострадать от гораздо меньших доз, чем те, которые были найдены вредными в соответствующих тестах, проведенных промышленными фирмами и официальными учреждениями (Onderscheka).

Подобные факты практически сводят на нет все усилия, затраченные на определение так называемых опасных пороговых количеств. Однако при отсутствии лучших методов следует продолжать пользоваться традиционными, даже если стало известно, что они не всегда надежны. Традиционное определение опасных пороговых величин основано на расчетах, логических выводах, оценках, но опыт уже не раз показывал, что должны быть пересмотрены сами основы расчета таких предельных доз. Журнал «Das Gewissen» («Совесть») (24, S. 1) в статье под заголовком «Радиоактивность до сих пор измерялась неправильно: биологический риск облучения выше, чем было установлено до сих пор» сообщает: «Практикуемое ныне измерение радиоактивного излучения не может больше служить методом определения биологического риска. Оно приводит к скрытой передозировке радиоактивности, которая может быть причиной серьезных генетических повреждений».

По этому вопросу я не могу занять определенной позиции. Я привожу лишь пример того, что оценки предельных доз не всегда достаточно надежно обоснованы и что здесь снова и снова могут возникать трудности. Принципиально же при расчетах радиационной опасности дело обстоит так же, как и при оценке опасности токсикантов окружающей среды.

Если попытаться вычленив важнейшие аспекты из круга проблем острой и хронической токсичности вредных компонентов окружающей среды, то получится следующий перечень:

Кумулятивное действие токсикантов

Совместное действие токсикантов

Нейротоксичность (ключевые показатели: ЭЭГ; способность к обучению; расход мозговых клеток; нарушения поведения)

Угроза стресса

Канцерогенность

Тератогенность

Мутагенность

Взаимодействие с другими инсектицидами, чужеродными синергистами, поверхностно-активными веществами, бактериями, лекарственными препаратами

Действие продуктов метаболизма

Индивидуальные специфические реакции

Сенсибилизация (см. разд. 54)

Покойный швейцарский фармаколог Борбей (Borbély) еще несколько лет назад указывал на то, что в медицине до сих пор сохранились старые представления об опасностях, связанных с инфекционными болезнями, хотя они в Средней Европе, например, практически уже не играют роли. Зато теперь чаще встречаются нервные расстройства и сердечнососудистые заболевания, и это, несомненно, обусловлено загрязнением окружающей среды токсикантами.

При всем этом нельзя, конечно, упускать из виду то, что, например, в Греции в 1938 г. насчитывался миллион случаев заболевания малярией, а в 1959 году – благодаря применению ДДТ – только 1200 случаев.

#### **54. Опасность сенсибилизации организма**

Сенсибилизация – противоположность иммунизации – представляет собой реакцию на самые различные чужеродные вещества, причем одновременно могут оказывать влияние самые различные факторы: индивидуальная конституция организма и его состояние в данный момент, а также свойства данного вещества. Пчеловоды, как правило, приобретают иммунитет к пчелиному яду, но, если очень чувствительного человека пчела или оса ужалит всего лишь один раз, это может настолько сильно сенсибилизировать его, что при повторении такого же случая спустя 3...7 дней может через несколько минут наступить смерть от анафилактического шока.

Сходные последствия могут быть вызваны и инсектицидами. Не упоминая имени исследователя и типа инсектицида, который был использован, а также не указывая ряда других деталей, я расскажу об одном случае с трагическим исходом, когда человек испытывал на себе действие нового инсектицида. Картина событий здесь настолько типична для случаев сенсибилизации, что она «была бы хорошо придумана, если бы

речь не шла о подлинной истории».

Цель эксперимента состояла в том, чтобы пронаблюдать за действием инсектицида на человека. Исследователь выпил 100 мг вещества и не отметил никакой реакции. Спустя 2 дня он принял еще 200 мг инсектицида, и снова не было никаких симптомов. Затем он подождал еще два дня и принял уже 400 мг, после чего прожил всего лишь 7 минут!

По поводу такого эксперимента надо сказать следующее. Во-первых, не нужно стремиться поскорее провести опыт на самом себе, если хочешь не только получить результат, но и сообщить о нем в докладе. Во-вторых, вообще не следует прибегать к опытам на самом себе до тех пор, пока действие вещества не будет всесторонне выяснено в опытах на животных. В-третьих, нельзя полагаться даже на мнение врачей, если нет достаточных знаний о характере действия данного вещества (фармакологи консультировали упомянутого исследователя, но сами тогда еще слишком мало знали). Теперь мы знаем, что человека можно было бы спасти, сделав ему сразу же инъекцию атропина и соответствующего противоядия.

## **55. Роль поведения хищника в передаче токсиканта по пищевой цепи**

Столь опасная аккумуляция биоцидов в пищевых цепях обусловлена не только их задержкой и накоплением в организме хищника, но и особенностями поведения последнего. В популяциях жертв какого-либо хищника (для рыб это могут быть ракообразные, для щук – менее крупные рыбы, для скопы – тоже рыбы, для ястреба – голуби) у особей, наиболее сильно загрязненных токсикантами, бывают уже нарушены двигательные реакции, и именно по этой причине они чаще становятся добычей хищника.

Это избирательное предпочтение хищником ослабленных, болезненных особей при ловле добычи представляет собой общее правило в естественных биоценозах. Оно регулирует биологическое равновесие и помогло многим хищникам заслужить репутацию полезных санитаров. Некоторые паразиты используют это, поражая своего промежуточного хозяина таким образом, чтобы его скорее смог съесть окончательный хозяин. Но то, что благотворно сказывается на равновесии в природе или гарантирует паразитам возможность существования, при загрязнении среды биоцидами приводит к катастрофе! Конечные звенья пищевых цепей (во многих случаях это птицы) выбирают в качестве своих жертв наиболее сильно отравленных особей и аккумулируют таким образом яды в своем организме, а затем погибают и сами (что подчас приводит к вымиранию вида).

Эту «самоубийственную» тенденцию усиливает еще и то, что хищники с широким

спектром видов жертв в ряде случаев переключаются на питание видом, обычно занимающим отнюдь не главное место в их рационе, если особи этого вида, например, сильно поражены ртутью и потому становятся легкой добычей.

Еще в большей степени это относится к тем хищникам, которые по своей природе не являются особо проворными охотниками. Именно они чаще ориентируются на добычу, ослабленную воздействием биоцида. Может быть, этим и объясняется, почему орлан-белохвост так чутко реагирует на биоциды в пищевых цепях? Он и вообще-то неважный охотник, а если и сам отравлен ядами, то будет еще менее удачлив в охоте и в конце концов сможет ловить только самых ослабленных биоцидами особей.

В озере Сайма в Финляндии рыбы были не слишком загрязнены ртутью. Это казалось тем более удивительным, что у обыкновенной нерпы содержание ртути в организме доходило до 180 мг/кг. Но все станет понятным, когда мы узнаем, что нерпы избирательно охотятся за рыбами, сильно ослабленными воздействием ртути (которые уже не могут нормально плавать). И это могло даже привести к искажению статистики, если на содержание ртути исследовались только выжившие рыбы, в которых этого токсиканта меньше!

Некритичный наблюдатель мог бы здесь впасть в ту же ошибку, что и прилежный контролер-исследователь, пытающийся выяснить спустя несколько дней после применения аэрозольного инсектицида, сколько его еще осталось в воде: он не находит никаких остатков, поскольку они (как, например, в случае с ДДТ) уже поглощены микроорганизмами донного ила, т.е. включились в пищевую цепь.

О том, что вообще значение поведения в связи с токсикацией окружающей среды вряд ли можно переоценить, свидетельствует и опубликованный отчет об одном совещании по токсикологии поведения (Weiss, Laties, 1975). Дьюс (Dews) определил эту «новую область науки», касающуюся человека, как дисциплину, предметом которой является «влияние нетерапевтических, нефизиологических химических агентов на поведение более или менее интактных людей. И тут сразу же возникают трудности, например с отграничением этой области от психофармакологии, и это еще больше усиливает наши опасения.

В упомянутом отчете рассмотрены, в частности, следующие темы:

- 1) методические проблемы анализа и оценки изменений в поведении, вызываемых химическими факторами;
- 2) влияние угарного газа на интеллектуальные функции и поведение человека и

ЖИВОТНЫХ;

3) поведенческо-токсикологические исследования ингибиторов холинэстеразы и других химических классов пестицидов;

4) общие вопросы токсикологии и тератологии поведения. Внимательный наблюдатель при знакомстве практически

с каждой темой, касающейся влияния токсикантов окружающей среды, найдет в ней и поведенческие аспекты. Уместно будет отметить, что эти аспекты вкратце уже обсуждались в разделе 17 и будут еще затронуты в разделе 56. К подобному ряду явлений относятся в конечном счете и такие факты, как, например, то, что при массовом разведении или откорме свиней на крупных животноводческих комплексах иногда 25% животных погибает от «разрыва сердца» (инфаркта).

## **56. Восприимчивость птиц к «факторам беспокойства»**

В орнитологической литературе накопилось много данных о том, что сокращение численности некоторых птиц, уже ставших редкими (прежде всего хищных), в значительной степени объясняется фактором беспокойства со стороны человека в период насиживания. Я уж не говорю о фактах браконьерства – даже просто приближение любопытных к гнездам, туристические привалы вблизи гнездовий, пикники с радиоприемниками и т.п. отнюдь не так безобидны, и пресечение таких действий должно рассматриваться как важная задача охраны природы. На эти «факторы беспокойства» ссылаются даже некоторые оптимистично настроенные работники в области защиты растений, стараясь доказать, что вовсе не пестициды (или не одни только пестициды) повинны в сокращении популяций ряда видов птиц. И в принципе такая аргументация в какой-то части небезосновательна.

Однако все же при этом упускается из виду, что чувствительность к факторам беспокойства у гнездящихся хищных птиц – не постоянная величина: как и всякая другая восприимчивость к раздражителям, она в свою очередь зависит от многих факторов, и величина ее порога может меняться. Например, нам достаточно хорошо известно, что отравление ртутью ведет к повышению возбудимости. В случаях отравления органическими соединениями ртути, особенно широко применяемыми в качестве пестицидов, поражение мозга выражено намного сильнее, чем при отравлениях неорганической ртутью.

Попытаемся уяснить себе ситуацию с орланом-белохвостом: во всяком случае, в Средней Европе в его организме находят весьма высокие концентрации метилртути. В

тех случаях, когда эта концентрация еще не приводит непосредственно к гибели птицы, она повышает ее возбудимость и делает ее более чувствительной ко всякого рода внешним помехам, особенно в период гнездования. Даже небольшое беспокойство в это время может привести к тому, что насиживание яиц не завершится, хотя считать этот фактор единственной причиной такого исхода было бы тоже ошибочным. Пусть и назовут это рассуждение в его общей форме умозрительным, но оно правдоподобно, и на это указывают многие факты.

В данном случае следует прежде всего подчеркнуть то, что ситуация «орлан-белохвост и ртуть» в приведенных рассуждениях служит лишь моделью для понимания более широкого круга ситуаций: ведь и многие другие птицы чувствительны к беспокойству в период насиживания, и при отравлении другими биоцидами одним из первых симптомов бывает повышенная возбудимость.

Пусть эта гипотеза поможет нам разобраться в положении дел, поскольку теоретически она кажется приемлемой, – и она стала бы более убедительной, если бы я смог привести данные о том, что раньше (когда «инсектицидная нагрузка» была для птиц не столь высокой) птицы не были такими чувствительными к беспокойству. Но таких фактов у меня нет, и потому все обстоит не так просто. Что касается орлана-бело-хвоста и черного журавля (как и некоторых других видов), современного орнитолога не может не удивить тот факт, что эти птицы почти перестали бояться человека (O. Henze, личное сообщение). Не покажется ли тогда слишком поспешным утверждение, что именно беспокойство в период насиживания – частая причина гибели птичьего потомства? Разве не инсектициды в первую очередь повинны в гибели птиц?

Шиллинг и Кёниг (Schilling, König) приходят к выводу, что нельзя считать биоцидную нагрузку *единственной* причиной сокращения численности соколов-сапсанов (во всяком случае, в Баден-Вюртемберге), что это лишь один из многих факторов. Они указывают, в частности, на возможность того, что «заметное действие биоцида способно привести к латентному поражению в сублетальном диапазоне»; эту возможность еще следует изучить.

На территории Баден-Вюртемберга много кладок яиц сокола-сапсана было уничтожено каменной куницей, численность которой заметно возросла в результате преобразования ландшафта в рекреационных целях (создание мест для привалов и отдыха, замусоривание территории), и куница вместе с другими антропогенными помехами отрицательно влияет на выведение потомства хищными птицами (Schilling, König). Возникает к тому же подозрение, что именно любопытные туристы привлекают внимание куницы к гнездам хищных птиц и только после этого она их опустошает. Вот еще один пример того, насколько сложен анализ таких взаимодействий!

## 57. Значение методов анализа

Если в настоящее время стало возможным делать заключения о действии минимальных остаточных количеств ядов, то следует знать, что этому способствовало стремительное развитие аналитической химии за последние десятилетия. Если в 50-е годы пределом мечты был порог порядка 1 мг/кг, то сегодня реальным стало выявление яда в количестве около  $10^{-6}$  мг/кг (т.е. 1 часть на триллион; это равно соотношению между отрезком длиной 0,4 мм и расстоянием от Земли до Луны). Согласно данным фирмы BASF, современные высокочувствительные измерительные приборы способны обнаружить при анализе остаточных веществ три молекулы какого-либо соединения среди трех миллиардов молекул исследуемого материала.

Наши знания о воздействиях минимальных количеств токсикантов, несомненно, связаны с прогрессом химических методов анализа. Такой прогресс означает, однако, и удорожание. Основательная проверка какого-либо нового вещества занимает в настоящее время 2...3 года и обходится в ФРГ примерно в миллион марок.

Существенно улучшены и биологические тесты, как об этом свидетельствует новый метод исследования «микропроб окружающей среды». Всего нескольких миллиграммов почвы достаточно для того, чтобы обнаружить в ней присутствие ничтожно малых количеств высокотоксичных веществ (например, диоксина). Пробу из окружающей среды, содержащую всего лишь один пикограмм (т.е. миллионную долю миллионной доли грамма) яда, вносят в клетки млекопитающих, а затем измеряют реакцию этих клеток на яд.

Точность этого метода проверки, без сомнения, сравнима с точностью современных физико-химических методов анализа. С помощью таких биологических методик можно было бы проводить систематические обследования в окрестностях химических заводов с использованием микропроб.

## 58. Индикаторы загрязнения среды

Усовершенствование методов химического анализа – только *одна* сторона дела при установлении размеров ущерба, наносимого окружающей среде токсичными веществами, и выявлении их источников в конкретных случаях. *Другая* сторона – это использование животных или растений в качестве индикаторов степени загрязнения окружающей среды ядами (метод, аналогичный оценке уровня сапробионтности при определении качества воды).

Если загрязнение воздуха зашло уже так далеко, как, например, в Лос-Анджелесе, где

приходится создавать аллеи из резиновых деревьев – живые деревья уже не могут там расти, – то это значит, что достигнута такая стадия, когда уже нет смысла прибегать к помощи организмов-индикаторов.

**Рис. 40.** Лишайник *Hypogymnia physodes* – биоиндикатор чистого воздуха (на территории детского дома в Мюнстере). Он встречается только в «нормальной зоне лишайников» за пределами больших городов (Фото F. Runge)

Много говорится о лишайниках, так как они очень плохо переносят загрязнение воздуха. Детально же механизмы повреждения лишайников еще недостаточно выяснены. Как показатели загрязнения среды в первую очередь представляют интерес фотосинтез и водный баланс лишайника *Hypogymnia physodes*. При полевых исследованиях важно прежде всего учитывать зависимость воздействия вредных веществ от температуры.

Рунге (Runge) проследил связь между встречаемостью лишайников и загрязнением воздуха на примере вестфальского города Мюнстера. В местах с очень сильным загрязнением воздуха он находил «лишайниковую пустыню», тогда как в центре города существует (пока!) «зона сопротивления» лишайников. Здесь еще хорошо растет *Lecanora varia*, а также *Xanthoria parietina*. «Нормальная лишайниковая зона» с относительно чистым воздухом и большим обилием лишайников начинается на весьма значительном удалении от городских кварталов. Растением-индикатором служит здесь *Hypogymnia (Parmelia) physodes*; этот вид «встречается лишь довольно далеко от центра Мюнстера». Лишайники, которым требуется особо чистый воздух, в окрестностях Мюнстера, по-видимому, уже больше не встречаются; таковы *Usnea*, *Alectoria*, *Platismatia glauca*, *Pseudoevernia furfuracea*, *Evernia prunastri*. Последний вид известен как особо чувствительный к дыму; он обнаружен лишь в 50 км северо-западнее Мюнстера в Бентгеймском лесу и в 60 км в Зауэрланде.

Ели сильно реагируют на сернистый газ. Там, где его выброс в атмосферу особенно велик, ельники полностью гибнут. Ольшови (Olschowy) приводит фото – впечатляющие картины гибели ели в лесных областях ЧССР.

В остальном наши сегодняшние познания об индикаторной роли животных или растений – это большей частью побочные результаты других исследований, еще не приведшие к созданию практически значимой шкалы организмов – индикаторов загрязнения воздуха. В принципе решение такой задачи вполне возможно.

Биоиндикаторами загрязнения среды устойчивыми вредными веществами могут быть также птицы. Хлорорганические соединения накапливаются у них в жировых тканях и в

желтке яиц. Морские и хищные птицы, будучи концевыми звеньями пищевых цепей, аккумулируют наибольшие остаточные количества вредных веществ.

Исследование яиц черного дрозда из различных биотопов показало, что они содержат почти все хлоруглеводороды, применяемые с целью защиты растений, лишь в незначительных концентрациях, за исключением ДДЭ (главного продукта превращения ДДТ). Особой разницы между кладками из различных мест не оказалось. Ни в одном яйце не было обнаружено гептахлорэпоксида. Гептахлорбензол находили часто. Явно повышенным было содержание во всех яйцах ДДТ, концентрация которого достигала иногда 0,63 мг/кг.

Особенно показательными в отношении загрязненности-среды биоцидами были найденные величины остаточных количеств полихлорированных дифенилов: ясно прослеживалась амплитуда изменений их концентрации от областей с повышенной плотностью населения до пояса нетронутых естественных пастбищ. В районе такого большого города, как Мюнхен, среднее содержание полихлорированных дифенилов в яйцах составило примерно 1,7 мг/кг, в то время как в окрестностях города Гармиш-Патенкирхен – только 0,4 мг/кг.

Таким образом, и черный дрозд может служить биоиндикатором, если ограничиться теми вредными веществами, которые соответствуют классическому понятию загрязнителей окружающей среды, а именно повсеместно распространены, аккумулируются в жировых тканях, обладают высокой стойкостью. Вероятно, такого рода яды попадают в организм черного дрозда с дождевыми червями, которыми эта птица питается.

Я всегда считал, что сокращение природных популяций птиц в результате загрязнения окружающей среды – это сигнал, предупреждающий и об опасности для человека. Это относится и к накоплению ядов в организме птиц! Вот несколько примеров:

В Нидерландах численность пестроносой крачки сократилась за 10 лет из-за воздействия инсектицидов с 40 000 гнездовых пар до 650.

Конрад (Conrad) исследовал в ФРГ 457 яиц девятнадцати отечественных видов птиц и во всех обнаружил остатки хлоруглеводородов и полихлорированных дифенилов. Во всех яйцах было также установлено присутствие гексахлорбензола и *n, n*-ДДЭ (метаболита ДДТ); в 99,3% яиц был найден гептахлорэпоксид, в 56% яиц – гептахлор, в 47,2% яиц – алдрин и в 43,5% яиц – дилдрин.

В ГДР в яйцах серебристых чаек нашли следующее среднее содержание отдельных

хлоруглеводородов (в мг/кг): ДДТ – 1,1, ДДЭ – 10,4, полихлорированных дифенилов – 20,9.

Тяжелые металлы накапливают в организме в основном самцы ящериц (например, живородящей ящерицы *Lacerta vivipara*); значит, эти животные могут служить биоиндикаторами загрязнения среды различными тяжелыми металлами, прежде всего вблизи крупных городов.

В слабо загрязненных руслах рек личинки комаров-звонцов составляют менее 10% всех насекомых. В сильно загрязненных водах доля их достигает уже 75 – 86%. Эти данные относятся к загрязнению тяжелыми металлами. При содержании в воде меди мы находим следующую картину: в *сильно* загрязненных местообитаниях доминируют личинки комаров-звонцов; в *умеренно* загрязненных – личинки звонцов и ручейников; в *слабо* загрязненных или вовсе не загрязненных водах обитают главным образом личинки ручейников и поденок.

Таким образом, доля комаров-звонцов среди личинок насекомых может быть полезным показателем загрязнения вод тяжелыми металлами.

Высококочувствительными и легко используемыми биоиндикаторами токсичных примесей в морской воде служат яйца морских ежей (роды *Anthocidaris* и *Strongylocentrotus*) (Ko-bayashi, 1981).

Микотоксины, выделяемые различными плесневыми грибами, очень разнообразны, так что их выявление с помощью химико-физических методов требует больших затрат времени и средств. Поэтому в Государственном сельскохозяйственном научно-исследовательском институте в Аугустенберге проверяют пищевые продукты на содержание этих веществ, используя рачка артемию (*Artemia salina*), который продается как корм для рыб. Если только что вылупившихся личинок этого рачка обработать экстрактом из вызывающего подозрение растительного материала, то по проценту смертности личинок можно судить о его загрязненности микотоксинами.

Различные виды водорослей избирательно используются в качестве специфических биоиндикаторов при анализе воды на содержание различных инсектицидов и гербицидов (Bernarz). Вакс (Wachs) сообщает о биоиндикаторах повышенного содержания металлов в проточной воде. Такие подходы обещают в будущем многоплановое использование различных животных и растений для оценки загрязненности окружающей нас среды.

## 59. Проблемы проверки лекарственных средств

Согласно распространенному мнению, испытание новых лекарственных средств проводится уполномоченными на это государственными институтами тщательно и добросовестно. А если к этому добавить еще такие уточняющие выражения, как «проводится высококомпетентными специалистами» и «в соответствии с современным уровнем науки», то и это не вызовет серьезных сомнений. Но если мы отсюда заключим, что и каждое проверенное лекарство тоже не должно вызывать никаких опасений, такой вывод будет ошибочным: чтобы в этом убедиться, достаточно почитать предостережения в инструкциях, прилагаемых к лекарственным препаратам.

Опасения в отношении уже признанных лекарств касаются, как правило, не их лечебного действия – хотя бы потому, что проверить их эффективность сравнительно просто и это обычно делают в лабораториях фирм-изготовителей. Отбор медикаментов по их лечебному эффекту относится, во всяком случае, к сфере клинической медицины, и все, что требуется установить, – это эффективно лекарство или нет. (Здесь я хотел бы, исходя только из теории вероятностей, предостеречь от огульного отрицания гомеопатии, вошедшей ныне в моду. Ведь и плацебо\* может иногда вылечить, если в него очень верить.)

---

\* Плацебо – лекарственная форма, содержащая нейтральные вещества; применяется для изучения роли внушения в лечебном эффекте каких-либо лекарств. – *Прим. перев.*

Гораздо больше опасений вызывают побочные эффекты лекарственных средств. В известной степени побочные действия лекарств на организм человека принимаются во внимание, и их приходится учитывать даже в тех случаях, когда какое-то заболевание, угрожающее жизни, можно вылечить только одним определенным препаратом, дающим определенный побочный эффект. Именно нежелательные побочные эффекты заставляют исследователей-фармакологов искать все «лучшие» и «лучшие» лекарственные средства, и эти поиски всегда были важной областью научных исследований.

Новые лекарственные препараты должны отвечать следующим требованиям:

а) лучше действовать, чтобы болезни излечивались более эффективно (или впервые начинали поддаваться лечению);

б) быть более удобными в употреблении, поскольку часто эффект лечения зависит от того, насколько удобно вводить лекарственный препарат в организм (при этом не следует забывать о том, что многие пациенты недисциплинированы, и их нужно в известной мере «перехитрить», подбирая подходящие способы применения лекарств);

в) быть дешевле; это тоже весьма существенный вопрос политики здравоохранения (именно по этой причине терпят неудачу многие попытки борьбы с тропическими заболеваниями в бедных

развивающихся странах);

г) не вызывать побочных эффектов (или нежелательное побочное действие должно быть сведено к минимуму).

Но как вообще выявлять эти побочные эффекты? До сих пор они чаще всего обнаруживались случайно после длительного применения лекарства. Разумеется, проводятся и опыты на животных; хорошо разработаны стандартные методы оценки токсичности различных веществ для теплокровных животных (в опытах на крысах и собаках), и во многих случаях они даже позволяют делать заключение о хронической токсичности. При этом разрабатывается все больше методов, позволяющих учитывать и другие нежелательные побочные эффекты. Но прежде чем создавать новые методы, надо знать, что искать.

В дискуссии по телевидению 23 ноября 1982 г. профессор Бременского института социальной медицины Эберхард Грей-зер (Greiser) заявил, что на данные фирм – изготовителей лекарственных средств можно полагаться лишь условно. Он рассказал об одном случае, когда предназначенный для продажи в Европе психотропный препарат «валиум» имел на товарной упаковке указание, что данных о его эмбриотоксическом действии в период беременности нет, однако в США этот же препарат распространяли с указанием на то, что он, по данным исследований, может быть опасным ввиду его возможного эмбриотоксического действия и что поэтому следует воздерживаться от его приема в первые три месяца беременности.

Для испытания лекарственных средств исследователи располагают все большим числом стандартизированных линий подопытных животных, которые можно использовать почти так же, как и химические реактивы. Но методы испытания разработаны врачами, а не биологами, которые старались бы использовать все многообразие живых организмов.

Поясню свою мысль примером. С помощью одних только крыс оказалось невозможным выяснить, к каким аномалиям развития утробного плода может привести применение контергана (препарата, содержащего талидомид), который в определенный период беременности принимали женщины, страдающие заболеваниями печени. Только появление врожденных уродств послужило толчком к тому, чтобы действие талидомида начали изучать также в зоологических лабораториях на червях и личинках насекомых. Обнаруженные при этом нарушения в делении клеток, если бы о них стало известно раньше, не позволили бы рекомендовать это вещество как лечебное средство.

Я уверен, что использование таких низших организмов могло бы, наконец, удешевить и существенно расширить спектр испытаний лекарственных препаратов.

В заключение отметим еще одно обстоятельство. При оценке возможных побочных эффектов исходят обычно из дозировки для взрослых людей. Это и понятно – ведь именно для них предназначаются

проверяемые лекарства. Но мы никогда не должны забывать о том, что эмбрион примерно в 50...100 раз более чувствителен к химическим веществам, нежели взрослый человек...

Особо перспективным источником новых лекарственных средств могли бы быть культуры растительных клеток. Продукты метаболизма растений превосходят по своему многообразию все то, что может быть создано руками человека в обозримом будущем. Речь идет о десятках тысяч исключительно сложных соединений со многими хиральными центрами. Поэтому можно думать, что здесь таится огромное богатство фармакологически интересных веществ, которое ждет, когда им займется человек. Узким местом таких исследований является несовершенство фармакологических методов. До сих пор лишь очень малая доля растительного мира изучена с точки зрения его использования в качестве лекарственного сырья, к тому же частично с помощью устаревшей, несовершенной методики выявления биологически активных веществ. По приближенной оценке, до 1982 года интенсивному исследованию было подвергнуто всего лишь около 10% всех встречающихся на Земле лекарственных растений.

Еще не раскрытые и частично неведомые богатства таят в себе рукописи тибетской медицины, в чем я мог убедиться при посещении Бурятского филиала Академии наук СССР в Улан-Удэ. Там предпринимаются попытки перевести на современный язык сведения о лечебных свойствах трав тибетской медицины и расшифровать их; параллельно необходимо вести и экспериментальные работы. Расшифровку рукописей затрудняет еще и то, что современные лингвисты не в совершенстве владеют старотибетским языком, а изображения лекарственных растений не всегда достаточно информативны для современных ботаников.

В настоящее время в Болгарии большие усилия направлены на то, чтобы убедить население заняться выращиванием лекарственных растений для сдачи их на переработку предприятиям медицинской промышленности.

## **60. Сомнительность «величин толерантности» (допустимых, предельных, или пороговых уровней)**

Официально установленные пределы содержания пестицидов в пищевых продуктах, якобы гарантирующие безопасность последних для здоровья человека, определяются ответственными службами «по разуму и совести». В качестве основы используются результаты токсикологических испытаний на животных, затем вводится некоторый «коэффициент надежности», и в результате находят некую величину, правдоподобную в свете современных научных знаний. Довольно широко распространено мнение, что таким образом действительно получают не внушающие сомнений, более или менее объективные цифры.

То, что это не так, вытекает уже из сомнительности самих предпосылок, из которых исходят при установлении допустимых величин. Ведь у нас нет никаких оснований для уверенности в том, что обычные токсикологические испытания способны охватить все аспекты вредоносности какого-либо вещества; включаемый в расчеты «фактор надежности» тоже не дает такой уверенности. Уже поэтому часто имеют место значительные различия в допускаемых величинах, принятых в разных странах (в СССР, например, эти величины иногда в 10 раз меньше, чем в США). Следует учитывать и так называемые потребительские привычки – скажем, то, что какой-то продукт питания употребляется в определенном регионе лишь в небольших количествах. Но для тех, кто потребляет больше обычного, допустимая величина будет завышенной.

Есть еще один повод для сомнений в правильности «допустимых величин»: как известно, подчас сознательно исходят из того, что-де невозможно установить эти величины ниже уровня остаточных количеств инсектицида после обработки данного растения обычным способом в целях защиты его от вредителей. Но подобный расчет свел бы любую попытку интерпретировать допустимую величину как «максимальную величину, не опасную для здоровья», просто к фарсу.

По сходному пути развивались события, недавно имевшие место в ФРГ. Принятое (кажется, в 1978 году) решение о максимально допустимых количествах устанавливало для некоторых пестицидов сравнительно низкие пределы, соблюдение которых в условиях сельского хозяйства ФРГ не создавало особых трудностей. Однако проверка импортируемых продуктов показала, что в них эти величины нередко были выше. Объясняли это – и вполне обоснованно – тем, что в этих случаях в странах-производителях осуществлялось более интенсивное опрыскивание. И все же импорт таких продуктов не был запрещен – упомянутое постановление о максимально допустимых величинах касалось только отечественной продукции, а для импортируемых товаров допускалось превышение этих величин.

Еще один аспект – это рекомендация ВОЗ, согласно которой маленьким детям, больным и выздоравливающим следует употреблять только пищу, абсолютно свободную от каких-либо остатков пестицидов. В соответствии с этой рекомендацией широкое распространение получили продукты для детского питания без инсектицидных остатков: так, используемая для приготовления этих продуктов морковь никогда не подвергалась прямой обработке пестицидами. С этим все в порядке. Но как быть мне, взрослому человеку, если я вдруг заболею? Если я не пойду к врачу, то я вынужден буду питаться весьма загрязненной инсектицидами (корректнее выражаясь: содержащей их остаточные количества) обычной пищей. А если пойду к врачу, то буду считаться уже больным и смогу требовать пищу, свободную от инсектицидных остатков. Но откуда я ее возьму? В каком универсаме, в каком ресторане? О диабетиках позаботились, идут

навстречу и вегетарианцам (у меня не возникало еще неразрешимых проблем), но где права меньшинства, нуждающегося в пище без инсектицидов?.

Когда несколько лет назад в ФРГ новый закон о защите растений потребовал полного отсутствия остатков дилдрин в пище, Нидерланды заявили протест: хотя в будущем дилдрин уже не будет применяться, они не смогут поставлять свободный от дилдрин кочанный салат еще по меньшей мере в течение 9 лет из-за длительного применения дилдрин в предыдущие годы и накопления его в почве.

Вызывает у меня беспокойство и тот факт, что наша пища все больше перегружается примесями и портится. Действительно, снова и снова в отдельных пробах находят значительно более высокие остаточные количества, чем это допускается в среднем. А если кочанный салат вырос у обочины шоссе, а овощи росли под пологом опрыскиваемых плодовых деревьев или же коровам скармливали траву, скошенную вдоль шоссе, – что же тогда делать? Безусловно, было бы неправильным снять всякий запрет с этого молока, салата или овощей. Но разве лучшим решением будет сдать, например, это молоко на молочный завод, где оно в большом котле перемешается с другим, а яд при этом равномерно распределится в большем количестве молока?

И как знать вообще, в сколь редких случаях о таком «сверхнормативном» загрязнении отдельных партий продуктов становится известно? Далее, по моему мнению, еще большая опасность заключается во взаимодействии остатков различных токсикантов. При смешанном питании, характерном для человека, такая возможность смешения различных ядов существует практически постоянно, и их синергизм или иное взаимодействие может создать комбинированный отрицательный потенциал, превышающий допустимые пределы для отдельных ядов. Эту угрозу, безусловно, нельзя устранить, устанавливая максимально допустимые концентрации лишь для отдельных вредных веществ.

Один пример из практики поможет лучше понять, что означают те исключения, которые несколько портят столь прекрасную усредненную картину соблюдения действующих норм. В одном хозяйстве, где разводили шампиньоны, появились двукрылые – вредители грибов в таком количестве, что без энергичных мер борьбы с ними дальнейшее разведение шампиньонов стало бы просто нерентабельным. Однако выяснилось, что эффективная борьба с вредителем неизбежно приведет к увеличению остаточных количеств инсектицида сверх допустимого предела. Несмотря на это, служба защиты растений разрешила проведение соответствующих мер борьбы. Обоснование такого решения: грибы обыкновенно едят *не каждый день*, а маленькие дети вообще не едят шампиньонов.

Между тем вполне вероятно, что, когда поспеет спаржа, я буду есть ее *каждый день*, и помимо того, *каждый день* еще и по целому кочану салата! Но ведь тогда я не буду укладываться в рамки «обычных потребительских привычек», а установленные предельные уровни загрязнения ориентируются как раз на обычные потребительские привычки и не учитывают исключений.

Однако и эти официально установленные пределы сплошь и рядом не соблюдаются, и рискует в таких случаях не тот, кто применяет инсектицид, а потребитель, который вынужден мириться с этим, не так ли? Рюдт (Rüdt, 1978, S. 20...21) очень реалистично подходит к этой проблеме, когда пишет: «И все же нельзя недооценивать тот факт, что не столь уж: малая доля потребляемых нами продуктов питания содержит в недопустимых количествах остатки различных пестицидов». Далее (S. 22) он приводит такой факт из практики санитарно-гигиенического контроля: в 1976 г. около 30% обследованного винограда пришлось изъять из продажи по причине повышенного содержания в нем остатков ДДТ, которое иногда в 30 раз превышало максимально допустимую величину; еще один факт (S. 24): от 30 до 40% пищевых продуктов, предъявленных как якобы свободные от пестицидов, на самом деле содержали остаточные количества пестицидов (т.е. имел место «гешефт на свой страх и риск»). Эти данные не следует рассматривать просто как статистический материал, хотя снова и снова делается попытка создать впечатление, будто бы предельные уровни установлены с внушительным «запасом» (коэффициентом надежности). Справедливость моего скепсиса подтверждается и тем, что Рюдт приводит различные примеры заболеваний, вызванных превышением допустимых доз или вовсе недопустимыми примесями.

Тому, кто пожелает детально разобраться в современных принципах или основной процедуре официального установления допустимых величин, я рекомендую прочесть работу Пауленца и Абермана (Paulenz, Ackermann, 1981). Эти авторы, в частности, комментируют вышедшее 1 января 1981 г. в ГДР новое постановление «Об остатках пестицидов и средств регуляции биологических процессов в продуктах питания».

• [Главы 61...70](#)

[Оглавление](#)

**Дата публикации:**

17 марта 2008 года

**Электронная версия:**

© [НиТ. Раритетные издания](#), 1998

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 61. О так называемой «нулевой толерантности»

Я отнюдь не считаю, что установление пороговых величин не имеет смысла, а также ни в коем случае не утверждаю, что пища с остатками вредных веществ в рамках допустимых норм обязательно представляет опасность. Но я остаюсь при своем мнении, что эти «допустимые нормы» устанавливаются произвольно и имеют значение лишь как опорные точки для сравнительных оценок. Поэтому соблюдение таких норм для продуктов питания вовсе не гарантирует, что в организм не попадет все-таки нежелательное (а возможно, и опасное) количество токсикантов.

Это станет особенно ясным, если мы учтем, что в случае особо чувствительных индивидуумов (грудных младенцев, маленьких детей, а также больных и выздоравливающих взрослых) следует исходить из так называемой «нулевой толерантности». Это означает, что в соответствующих продуктах питания не должно быть *никаких* остатков биоцидов. В действительности же гигиенист на практике исходит из того, что такие продукты (по Rüdtd, 1978) «не должны содержать более 0,01 мг/кг каждого пестицида. Эта величина примерно соответствует предельным возможностям аналитических методов».

К этому следует добавить, что есть такие вещества, которые оказывают вредное воздействие и в значительно меньших концентрациях. Кроме того, пороговая чувствительность аналитических методов может быть весьма различной в зависимости от природы выявляемого токсиканта.

Если еще можно понять прагматизм Рюдта, то все иллюзии сразу исчезают, когда читаешь в работе Хипе (Hiepe, 1981) о том, что для «практической нулевой толерантности» допускаются три ступени:

Группа I – допустимый уровень 0,1 мг/кг  
Группа II – допустимый уровень 0,02 мг/кг  
Группа III – допустимый уровень 0,004 мг/кг

Понятно, что абсолютная нулевая толерантность иллюзорна, тем более что вся

окружающая нас среда содержит следы самых различных веществ; и я бы только приветствовал решение не говорить в случае подобных компромиссов ни о какой «нулевой толерантности», так как несведущего потребителя это понятие может ввести, мягко говоря, в заблуждение относительно того, что он получает.

Я солидарен с Пауленцом и Аккерманом, которые считают, что термин «нулевая толерантность» не годится ни для научного, ни для бюрократического обихода. Кроме того, по их мнению, «существующая в ФРГ установка» считать остаточные количества, составляющие менее  $1/10$  наименьшей из принятых допустимых величин, «не заслуживающими внимания» не учитывает специфических токсических свойств ряда биологически активных веществ.

## 62. Проблема сроков выдержки

Если в «допустимых величинах» есть элемент субъективности (поскольку эти величины не могут быть объективно обоснованы), то сроки выдержки (т.е. период времени от последнего применения пестицидов до начала сбора урожая) можно четко определить эмпирическим путем: это тот срок, когда разрешается проводить в последний раз обработку каким-либо пестицидом, для того чтобы ко времени сбора урожая в данном продукте не была превышена (заранее заданная!) допустимая норма остатков. В этом случае все сомнения в том, не была ли превышена при этом последнем применении доза пестицида (или не имела ли место передозировка незадолго до того, при его предыдущем применении), отпадают. Опасность связана с тем, что сроки выдержки вообще могут не соблюдаться.

В качестве примера можно привести сообщение о случаях отравления фосфорорганическими средствами защиты растений в Ливане, когда для всех применяемых видов системных инсектицидов были установлены сроки выдержки не менее 30 дней, но практически этим никто не руководствовался, и даже за день до уборки урожая производили очередное опрыскивание.

## 63. Проблематика охраны труда

Строго соблюдая правила безопасности, можно в известной степени защитить себя от вредного действия пестицидов. Тот факт, что рабочие, занятые в производстве пестицидов, в целом страдают от них меньше, чем технический персонал, их применяющий, объясняется, по-видимому, двумя моментами: во-первых, производственный процесс более упорядочен и легче поддается контролю, поэтому надлежащие меры по охране труда осуществить проще; во-вторых, фабричные рабочие, как правило, более дисциплинированы, чем сельскохозяйственные.

При несоблюдении инструкций по охране труда вред от пестицидов может быть значительным. А часто встречающиеся на упаковках слова «при правильном применении безопасно» приводят к тому, что малоосведомленный человек воспринимает в этом призыве только ключевое слово «безопасно». Если это правда, что все рабочие, занятые на производстве кепона (хлордекона) в США, заболевают раком печени, то, вероятно, это объясняется и тем, что никто не знал о его сильном канцерогенном действии. Такие примеры нужны для того, чтобы еще раз подчеркнуть необходимость соблюдения особой осторожности во всех случаях.

Часто можно слышать о том, что контакт с инсектицидами приводит к импотенции. В такой общей формулировке это вряд ли соответствует истине; конкретные данные о нарушениях потенции в результате воздействия такого рода веществ мне неизвестны. Поэтому здесь следует учитывать два обстоятельства: во-первых, любое отравление приводит к нарушению каких-либо функций, а ведь ничто так не страшит мужчину, как ослабление потенции; во-вторых, ни один мужчина не склонен признавать снижение потенции побочным явлением, связанным с процессом старения, – каждый ищет какую-нибудь внешнюю причину, и у того, кто работает с инсектицидами, в этом повинны, разумеется, только они. Может быть, и так, но это еще не доказательство.

Во многих случаях на практике возникает еще одна дилемма, из которой я не вижу иного выхода, кроме заключения договора о высокой страховке по старости: иногда применение инсектицида требует ношения маски из марли, а между тем в закрытой кабине трактора, как и в пекарне, температура так высока, что делает работу в маске почти невозможной.

Для охраны труда, особенно труда заводских рабочих, установлены – по аналогии с допустимыми нормами остатков ядохимикатов в продовольственных продуктах – максимальные допустимые величины их концентраций в воздухе на рабочем месте. Но эти максимально допустимые концентрации часто весьма различны в разных странах, что видно из приводимой ниже таблички (величины даны в мг/м<sup>3</sup>, по Stürmer):

	США (1978)	ФРГ (1979)	Швеция (1978)	СССР (1977)
Свинец (неорганический)	0,15	0,1	0,1	0,01
Диоксан	180	180	90	10
Гептахлор	0,5	0,5	–	0,01
Линдан	0,5	0,5	–	0,05

## 64. Роль технологии при использовании пестицидов

Для точных токсикологических исследований берут только чистые вещества, так что в этом отношении мы располагаем весьма надежными данными, тем более что сейчас любая официальная инстанция, разрешающая применение пестицидов, либо требует тщательной токсикологической проверки, либо проводит ее самостоятельно. Такие точные сравнительные данные исключительно важны. Однако их одних недостаточно, чтобы оценить все свойства изучаемых ядохимикатов, существенные с точки зрения охраны окружающей среды, и показать это – одна из главных задач моей книги. Наряду со многими другими аспектами большую роль здесь играет и технология.

Как воздействие на вредных насекомых, так и загрязнение окружающей среды могут решающим образом зависеть от способа внесения инсектицида. Это касается не только применения отравленных приманок, но и селективных методов, таких, как использование липких лент для мух и осветленного лака на панелях. Точно так же и внесение пестицидов в гранулах может радикально изменить ситуацию в отношении загрязнения среды.

В технологии внесения пестицидов за последнее время достигнут определенный прогресс, но встречаются и изменения к худшему. Например, посев протравленных ртутью семян с помощью сеялки не представлял почти никакой угрозы для диких гусей; но когда с целью дальнейшей рационализации сельского хозяйства в одном районе стали разбрасывать протравленное ртутью семена с самолета, это привело к массовой гибели диких гусей, привлеченных лежащими на рыхлой пахотной земле семенами. Использование самолета для внесения пестицидов неизбежно затрудняет отграничение тех площадей, которые подлежат обработке. Одно из последствий этого – многочисленные случаи гибели пчел в местах, находившихся поблизости от обработанных участков; чтобы ее предотвратить, приходилось в обширном районе закрывать ульи в дни обработки полей с самолета.

## 65. Несчастные случаи и выяснение их причин

Если не говорить о так называемой багдадской истории (см. разд. 15), то отравления метилртутью, включая и «болезнь Минамата», – это все так называемые «нормальные» случаи: их нельзя рассматривать как следствие прямого нарушения инструкций по применению пестицидов. Но именно поэтому они заслуживают самого пристального внимания, так как в нашем распоряжении очень мало точных данных о том, какое непосредственное воздействие оказывают пестициды на человека при их применении

согласно инструкциям.

С другой стороны, о несчастных случаях известно достаточно много. Это относится и к попыткам самоубийства путем умышленного приема ядов, и к случаям с детьми, которые по незнанию пробуют хранящийся в бутылках яд. Изготовители прячутся за спасительной формулировкой «при правильном применении безопасно». Не говоря уже о том, что неспециалист вообще редко применяет подобные средства «правильно» (т.е. в соответствии с инструкцией), даже и тот, кто специально занимается борьбой с вредителями, порой не может избежать соблазна использовать более высокие концентрации, чем это указано в инструкции. И почему это вдруг «безопасное» средство должно стать опасным, если его применить чуточку побольше? И почему непременно возникнет какой-то риск, если попробовать применить этот препарат против другого вредителя вместо названного в инструкции? И к чему все эти раздумья – ведь при любых негативных последствиях фирма-изготовитель всегда может доказать, что средство применялось «не по инструкции».

Вот классический пример того, что может произойти, – случай, свидетелем которого я был несколько лет назад в молодежном лагере отдыха. Была середина лета, комары не давали житья, и начальник лагеря поручил шоферу привезти «что-нибудь от комаров». В аптеке ближайшего городка шофер приобрел большое количество распространенного в то время в домашнем обиходе раствора ДДТ с гептахлоргекса-ном против мух, комаров и других насекомых для опрыскивания (после надлежащего разбавления водой) стен в жилищах. Это было самое неподходящее средство для лагеря, какое только можно придумать: даже если опрыскать им палатки, это нарушит пропитку, и они станут пропускать влагу. Тем не менее флаконы с инсектицидом были розданы отдыхающим, и никто, разумеется, не прочитал, что написано в наклеенной на флаконе инструкции о применении этого средства (кстати, на большинстве флаконов ее просто невозможно было прочесть, так как просочившиеся капли жидкости сделали бумагу прозрачной); каждый думал, что поступает правильно, натирая этой жидкостью кожу (с врачом лагеря никто даже не посоветовался).

Пестициды повинны в значительной степени не только в возникновении профессиональных заболеваний у сельскохозяйственных рабочих – от пестицидов к тому же и умирает ежегодно много людей. Только в США в 1956 г. было зарегистрировано 152 случая смертельного отравления пестицидами. По данным 1983 г., в развивающихся странах ежегодно от отравлений гербицидами и инсектицидами умирают в среднем 7000 человек. Помимо этого, во всем мире около полумиллиона человек страдают от трудно излечимых заболеваний, связанных с отравлением пестицидами.

## 66. История с саранчой

Одна крупная химическая фабрика специализировалась на производстве средств борьбы с пустынной саранчой. В связи с этим нужно было испытывать активность препаратов, и для этой цели биологические лаборатории фирмы разводили в большом количестве пустынную саранчу. Разведение пустынной саранчи не представляет трудности: ее кормят кочанным салатом. И вот однажды вся лабораторная популяция насекомых погибла. Как известно, пустынная саранча – довольно ценный экспериментальный объект. Поэтому необходимо было разобраться в причинах гибели, применив в случае надобности и методы криминалистики. Разыскали крестьянина, у которого накануне был куплен кочанный салат на рынке во Франкфурте-на-Майне. Этот крестьянин сажал кочанный салат как вторичную культуру под вишневыми деревьями, а вишню опрыскивал препаратом E 605.

Что касается саранчи, то с нею все было ясно. Неясно, что бы было, если бы скончался человек, отведав такого салата. Почти все, кому я рассказывал эту историю, считали маловероятным, чтобы в таком воображаемом случае препарат E 605 был признан вероятной причиной смерти, не говоря уже о том, чтобы причинную связь удалось доказать.

## 67. Различия в размерах опасности

То, что и сравнительно небольшое загрязнение окружающей среды ртутью может иметь катастрофические последствия и что по меньшей мере некоторые из концевых звеньев пищевых цепей находятся под угрозой исчезновения, достаточно убедительно показал вынужденный шведский «эксперимент». С другой стороны, отнюдь не *каждый* биоцид способен нанести столь серьезный вред.

Наверное, бывает, что какой-нибудь биоцид накапливается в организме до известного предела, а излишек выводится, не принося вреда организму. Не исключено, что это может вести к своего рода сенсбилизации в том смысле, что, например, птицы «инстинктивно» перестают употреблять пищу, которая содержит слишком много данного токсиканта. Для такого предположения есть конкретные основания.

В моей книге главный акцент сделан на поведении пестицидов в пищевых цепях. Наряду с этим отражены и другие важные аспекты, например канцерогенность; мутагенность и тератогенное действие были затронуты лишь попутно. Для испытания инсектицидов на мутагенность Уоллес и его сотрудники (Wallace et al., 1976) разработали надежный тест на мышях (при этом они пришли к выводу, что мутагенный эффект ДДТ не очень значителен).

## 68. Можно ли изменить технологию?

Когда использование фенилртути в шведской бумажной промышленности было признано причиной «ртутной катастрофы» в стране и биологи предложили изменить технологию производства бумаги таким образом, чтобы совсем отказаться от применения ртути, представители промышленности заявили, что сделать это невозможно, так как нет иного способа предотвратить развитие плесени на бумажной массе, идущей на экспорт. Однако вскоре был разработан метод подсушивания массы, позволяющий консервировать ее без ущерба для качества бумаги. Вывоз бумажной массы обходится теперь даже дешевле, так как вес ее уменьшился в результате удаления воды, которая раньше утяжеляла продукт и удорожала его транспортировку.

Этот пример типичен, и он подтверждает опыт многих других (и не только шведских) исследователей в области охраны окружающей среды: промышленность всегда говорит «нет», когда речь идет об отказе от технологии, признанной вредной для человечества, но когда подходят к этому серьезно, разработка новой технологии, исключающей вредные воздействия, оказывается для промышленности сущим пустяком.

Так же обстоит дело и с проблемой очистки сточных вод. Когда промышленные стоки недостаточно очищены, с фирмы взимают штраф; однако до тех пор, пока стоимость очистного сооружения больше, чем годовая сумма обычных штрафов, все попытки действовать убеждением имеют мало шансов на успех. Но я знаю случай, когда традиционный штраф неожиданно увеличили в 10 раз: руководство фирмы очень быстро приступило к постройке очистных сооружений для промышленных стоков, работа шла в три смены – и все для того, чтобы в Одер поступала более чистая вода.

Здесь я воспользуюсь случаем еще раз убедительно показать, что можно изменить и способы применения инсектицидов. Возможности механизации позволяют рационализировать процедуру, но все это обычно рассматривают лишь с точки зрения экономии. Однако при возрастающем поступлении токсикантов в окружающую среду на первый план выступает уже угроза здоровью человека, а не вопросы экономии. Именно под таким углом следует рассматривать, например, все возможности применения отравленных приманок, прежде чем решаться на распыление или разбрызгивание какого-либо препарата в помещениях.

Когда еще практиковалось обрызгивание жилых помещений ДДТ для борьбы с комнатными мухами, меня тревожило то, что это делалось и в тех случаях, когда в комнате летали всего две-три мухи. Мое предложение прибегать в таких случаях к старому испытанному средству –

липкой бумаге – было решительно отвергнуто соответствующими консультантами на том основании, что этот способ «несовременен».

## 69. Оздоровление окружающей природной среды после ограничения применения биоцидов

В 1965 году в Швеции было полностью запрещено применение метилртути для протравливания зерна (разрешалось использовать для этой цели только алкоксиалкилртуть). Результаты проявились уже в 1966 году в резком уменьшении содержания ртути в организме голубей-вяхирей. Спустя еще один год понизилось содержание Hg у ястребов. Через три года после вступления в силу запрета на метилртуть количество этого вещества в организме у многих видов птиц, у которых оно было раньше сильно повышено, уменьшилось почти до нормы, и популяции этих видов стали быстро оздоравливаться.

Менее благополучно обстояло дело с метилртутью в *водных* пищевых цепях в Швеции. И после запрета в 1965 г. метилртути количество Hg в шведских водоемах (грехи прошлого!) оценивалось в 500 тонн. Так как биогенное метилирование ртути происходит медленно, превращение этих 500 тонн ртути в воде в метилртуть продолжалось бы еще несколько десятилетий. Это означает, что птицы, питающиеся рыбой, такие, как большая поганка, и после прекращения поступления ртути в воду еще в течение многих лет будут по-прежнему в большом количестве получать ртуть. Я хотел бы, чтобы этот горький опыт Швеции послужил предостережением о грозящей опасности – о том, что причиненный окружающей природной среде ущерб не может быть возмещен простым запретом, что в некоторых случаях этот ущерб касается широкого круга объектов и в будущем эти последствия часто оказываются много тяжелее, чем предполагалось вначале. В этом отношении с биоцидами дело обстоит примерно так же, как и с радиоактивными отходами ядерных технологических процессов.

У человека содержание ртути в волосах очень быстро снижается, как только он перестает есть рыбу, но не за счет удаления ртути из тех волос, в которых она отложилась (этого вообще не происходит), а за счет вновь подрастающих волос. Подвергнув анализу один-единственный волос с вашей головы, наверное, можно было бы поставить, скажем, такой диагноз: «семь месяцев назад вы съели рыбу, содержащую ртуть, а до того и после вы больше не ели такой рыбы».

Институту биологии почв в ФРГ удалось получить бактериальные препараты, способные обезвреживать паратион. Эти препараты можно применять в тех случаях, когда паратион обнаружится где-либо в значительных количествах, например в транспортных

контейнерах, в промышленных стоках или при загрязнении почвы в результате транспортной катастрофы. В экспериментах 100%-ный эффект действия этих препаратов отмечался через 16 часов.

Я уверен, что научные исследования позволят сделать в будущем такие открытия, которые помогут компенсировать ущерб, нанесенный окружающей нас среде разного рода токсичными веществами. Ведь не всегда же эти исследования будут так сильно отставать от «взрывной волны» загрязнения?

## 70. Проблема воды

Из ядов, регулярно попадающих в организм человека, 70% поступает с пищей, 20% из воздуха и 10% с водой. То, что вода стоит здесь на последнем месте, еще не причина для радости. Скорее это говорит о том, как мало осталось от требований высшего качества, которые когда-то предъявлялись к питьевой воде.

Правда, конкретные условия могут быть весьма различными. Но это делает общую картину еще более злобещей. В ГДР уже есть такие местности, где семьи с маленькими детьми ежедневно получают воду для приготовления пищи детям от расположенного поблизости завода минеральных вод. В ФРГ уже сегодня примерно 5% всего населения снабжается такой питьевой водой, в которой концентрация некоторых азотных соединений не соответствует нормам, установленным в законодательном порядке. В настоящее время ни одна водопроводная станция на Рейне не соблюдает установленных Европейским сообществом предельных норм загрязнения галоидированными веществами. На окраине Дармштадта в грунтовых водах очень высоко содержание тяжелых металлов, поступающих туда из промышленных стоков химического завода фирмы «Мерк». В некоторых городах ФРГ, например в Дюссельдорфе, питьевая вода используется с восьмикратным оборотом. Бывает, что кофе варят на минеральной воде.

В ГДР ежегодно в расчете на одного жителя потребляется в среднем 1000 м<sup>3</sup> воды (при средней величине для всего мира 12 000 м<sup>3</sup>), – это одна из самых низких норм потребления воды в сравнимых государствах мира (пожалуй, в таком же положении находится и Венгрия). Бытовое потребление воды в деревне в ГДР составляет 25 л в день на одного жителя, а в Берлине – уже около 250 л. Более точные цифры для Берлина (1981 г.): в старых постройках 40...70 л, в модернизированных квартирах 110...115 л, в новостройках 125 – 135 л.

Соответственно этому довольно высока и стоимость воды. В ГДР она составляет в среднем 17 марок за 1 м<sup>3</sup>, а в некоторых местах, где промышленность потребляет много

воды – даже 160 марок.

Если в Швеции в настоящее время водоснабжение даже отдаленных деревень достигло едва ли не самого высокого уровня в мире, то это объясняется искусной капиталистической перестройкой шведской промышленности. Во время корейской войны шведская промышленность получила за счет поставок стали большие прибыли, а после ее окончания быстро перестроилась на охрану окружающей среды, и, в частности, образцовое водоснабжение страны было подготовлено промышленным развитием и соответственно пропагандировалось.

С точки зрения охраны окружающей среды большую тревогу вызывает загрязнение рек, озер и морей промышленными стоками, содержащими различные токсиканты, в связи с чем снова и снова совсем не зря упоминается Рейн. Особенно загрязнены воды Рейна солями и тяжелыми металлами. В 1976 г. среднегодовое содержание хлоридов составило здесь 230 мг/л (предельно допустимый уровень – 200 мг/л). Есть основание ожидать дальнейшего повышения загрязненности, поскольку доля тяжелых металлов с 1976 г. увеличилась, и сейчас, по приближенным оценкам, Рейн ежегодно выносит в море 3150 т хрома, 1520 т меди, 12 300 т цинка, 120 т кадмия, 70 000 т ртути, 1900 т свинца и 205 т мышьяка.

Цифры могут быть различными в зависимости от источника. Согласно другому опубликованному сообщению, с водами Рейна к границам Нидерландов *ежедневно* выносятся 33 000 т солей, 15 500 т сульфатов, 10 500 т кальция, 4500 т магния, 4500 т нитратов, 17 500 т натрия, 400 т марганца, 50 т нитритов, 50 т цинка, 14 т свинца, 12 000 т нефти, 110 т ртути. Таким образом, приводимые цифры не всегда следует принимать как точные и достоверные.

Но это только одна сторона загрязнения Рейна, и она довольно легко обозрима. С другой стороны, практически не поддаются количественной оценке 60 000 различных химических соединений, содержащихся ныне в водах Рейна, и ежегодно к ним добавляются еще 150...220 новых веществ. Не удивительно, что водопроводные станции, в задачу которых входит очистка загрязненной речной воды и превращение ее в питьевую, не могут уже распознать многие вредные примеси и выявить их наличие.

Сегодня и океаны настолько загрязнены, что их биопродуктивность падает. Это в особенности относится к внутренним морям. Итальянские предприятия ежедневно спускают в Средиземное море около 600 тонн отходов – не говоря уже о нефтяных танкерах, промывающих свои танки в открытом море. В прибрежной зоне у Генуи морская вода содержит, например, в 10...12 раз больше бактерий и ядовитых веществ, чем это допускается нормами. Предсказывают, что через 50 лет Средиземное море

станет с биологической точки зрения мертвым, если уже сейчас не будут предприняты меры против его прогрессирующего загрязнения.

В СССР вода и воздух загрязнены намного меньше, чем в других странах, и есть еще нетронутые запасы поверхностных вод. Но это не значит, что здесь не существует проблемы загрязнения воды. Подсчитано, например, что загрязнение сточными водами возросло за период с 1968 по 1980 г. в 6 – 7 раз. Если ежегодно Волга отдает Каспийскому морю примерно 253 км<sup>3</sup> воды (что составляет 6% стока всех рек страны), то в 1950 г. это было еще вдвое больше, чем вся страна потребляла за год, а 30 лет спустя – уже втрое меньше этого количества.

С целью экономии воды и сохранения ее чистоты в Советском Союзе проводятся четыре комплекса мероприятий:

1. Улучшение очистных сооружений – ко всем предприятиям предъявляются жесткие требования, касающиеся введения в строй самых современных устройств.
2. Усовершенствование технологии очистки сточных вод.
3. Уменьшение необходимых количеств потребляемой воды путем изменения технологии производства (на некоторых предприятиях сейчас, например, требуется всего 0,94 м<sup>3</sup> воды на 1 тонну нефти вместо 30 м<sup>3</sup> по старой технологии).
4. Введение замкнутого цикла использования воды – с поступлением отработанной воды после охлаждения и очистки снова в производственный процесс. К 2000 году этот принцип должен быть осуществлен повсеместно.

Несколько лет назад весь мир облегченно вздохнул, узнав, что общая потребность человечества в белке может быть покрыта за счет использования продукции мирового океана. Технически это не так сложно. Тем временем, однако, загрязнение океанов сильно увеличилось, и есть опасение, что казавшееся до сих пор вполне возможным получение белка из морей станет неосуществимым в будущем.

Устрашают и прогнозы в отношении Балтийского моря, тем более что оно мельче Средиземного. Поэтому простые мотивы самосохранения потребовали того, чтобы страны, выходящие к Балтийскому морю, заключили надлежащее соглашение об охране его вод.

Отмеченное за последние годы загрязнение *Боденского озера* Дамен и Хейсс (Dahmen, Heiss) объяснили тем, что «за два десятилетия озеро постарело примерно на 10 000 лет, если сравнивать ход событий с темпами его естественной эволюции». *Женевское озеро* все больше превращается в клоаку. ПО очистных сооружений вдоль берега длиной в

167 км недостаточны для того, чтобы закрыть доступ в озеро ртути, кадмию, свинцу, хрому, цинку и другим веществам. Поступление фосфора (главным образом с моющими средствами и бытовыми сточными водами) привело к катастрофически интенсивному развитию водорослей. Рыбные запасы озера уменьшаются.

В промышленно развитых странах бытовые отходы почти на 99% состоят из воды. Это огромное количество воды требуется только для того, чтобы удалить 0,1% твердых загрязнителей. Особую проблему создают ватер-клозеты, так как спускаемая в них вода составляет 90% всей воды, расходуемой жителями индустриальных стран. Из-за этого каждый житель в таких странах потребляет ежедневно 400 литров воды, в то время как без канализации он обошелся бы 40 литрами. В Швеции изобретен туалет с морозильным устройством; возможно, это будет выходом из столь бедственного положения с водой.

Американские исследователи, изучавшие дезинфекцию питьевой воды хлором, высказали обоснованное подозрение, что органические вещества, содержащиеся в воде в следовых или даже более значительных количествах, могут, присоединяя хлор, превращаться в канцерогенные или сходные с ними соединения. По этой причине в настоящее время начали использовать для дезинфекции воды двуокись хлора или озон; однако в обоих случаях требуется существенно изменить технологию, а новая технология не только значительно сложнее, но и дороже (Наух).

С целью профилактики кариеса в некоторых местностях в воду добавляют фтор, но при этом на основе органического материала образуются полигалогенированные углеводороды. Чтобы избежать образования этих токсичных побочных продуктов, было предложено пользоваться для той же цели озоном. Но если озон получают из воздуха, то в техническом масштабе и здесь не избежать появления побочных продуктов, например образования окислов азота, которые реагируют с растворенными и взвешенными в воде веществами. Поэтому следует уделить серьезное внимание образованию и действию побочных продуктов процесса озонирования воды. Известным выходом представляется получение озона из чистого кислорода, поскольку в этом случае не образуется окислов азота.

Примерно к 1960 г. Москва-река в г. Москве была загрязнена настолько, что в ней погибала рыба и к поверхности мутной воды поднимались болотные пузырьки. Первая из принятых тогда мер состояла в том, что всем предприятиям было вменено в обязанность осуществлять очистку промышленных стоков, так как до сих пор они часто спускали неочищенные сточные воды в 45 притоков в пределах города. Далее, чтобы вновь сделать Москву-реку действительно чистой, пришлось вычерпать ил со дна реки и заменить сильно загрязненные отложения слоем чистого свежего песка толщиной от

5 до 50 см. Но и этого оказалось мало; стали улавливать и очищать в первичных отстойниках дождевые стоки города, выносившие прежде уличную грязь в реку. В результате этого река Москва стала сейчас одной из самых чистых рек Европейского континента. Содержание кислорода в реке в границах города колеблется между 9 и 11 мг/л. Снова появились виды рыб, которые живут только в чистой воде.

Темза тоже на пути к тому, чтобы снова стать чистой рекой. Впервые за 150 лет в 1982 г. в ее нижнем течении вновь были пойманы лососи. Уже в прошлом столетии Темзу называли зловонной клоакой, в 1965 г. она считалась мертвой рекой, однако в 1982 г. в ней уже обитали 104 вида животных. Для ее оздоровления потребовались 100 тыс. фунтов стерлингов. Между прочим, появились хорошие шансы на выживание и у самоубийц: в настоящее время ежегодно из 140 утопающих удается спасти более половины, в то время как еще десять лет назад почти все они погибали от отравления.

В 1981 году один эксперт швейцарской службы обеспечения питьевой водой высказался примерно в том духе, что поверхностные воды Швейцарии все еще более чисты, чем грунтовые воды ФРГ.

Химический концерн «Сандоз» построил совместно с фирмой «Сибя-Гейги» в Хюнингене под Базелем (Швейцария) большое очистное сооружение. В результате в этом участке Рейна можно стало снова купаться (предпринята даже попытка выпустить в воды Рейна молодь лосося). Причиной этого были многочисленные нападки общественности на базельскую химическую промышленность, имевшие место в последние годы. В целом затраты на это строительство составили всего лишь 11% от всех затрат фирмы «Сандоз» на охрану окружающей среды!

Быстро распространившееся применение соли для таяния снега (каждую зиму на автодорогах ФРГ и на тротуарах разбрасывается 1,5 – 2 млн тонн соли) привело к повышенному содержанию хлоридов в почвах и грунтовых водах. В грунтовых водах Мюнхена содержание хлоридов выросло в среднем с 20 до 45 мг/л. (Как известно, засоление почвы ведет к отмиранию деревьев вдоль дорог.)

Атмосферные осадки не вымывают рассыпанную зимой соль из лунок вокруг деревьев. Напротив, она накапливается из года в год в прикорневой зоне деревьев, растущих вдоль дорог. В конце концов деревья перестают расти, их листья буреют уже летом и затем отмирают. Деревья еще можно спасти, если с помощью ионообменного раствора удалить соль из прикорневой зоны. Из самого дерева, правда, удалить вредные вещества уже нельзя, но после обработки указанным способом дерево снова растет и дает здоровые темно-зеленые листья.

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 71. Загрязнение нефтью

Все учащаются случаи аварий с нефтяными танкерами, что грозит загрязнением морей. При таких обстоятельствах распространено представление о том, что человечество в будущем сможет питаться морскими водорослями, становится все более иллюзорным.

**Рис. 41 – 42.** «Нефтяной чумой» называют загрязнение оперения птиц нефтью, которая остается на поверхности моря, например после аварий танкеров. На фото – погибшие птицы. Вверху – загрязненная нефтью птица, вынутая из воды. Внизу – демонстрация протеста против загрязнения окружающей среды. Демонстранты несут веревку с привязанными к ней трупами птиц, погибших в результате загрязнения моря нефтью. (Фото Окария, Франкфурт-на-Майне.)

С 1973 по 1979 год у берегов Европы потерпел аварию 21 крупный танкер. При этом каждый раз в море выливалось от 50 000 до 365 000 тонн губительной для моря нефти. Только в 1977 году затонул 21 танкер различного тоннажа (корпус одного гигантского танкера имел длину 370 м).

Конструкция и техническое оснащение крупных танкеров, как правило, определяются соображениями дешевизны. Далеко не все капитаны имеют надлежащую квалификацию.

Спустя месяц после аварии нефтеналивного танкера «Амо-ко-Кадик» у западной оконечности Бретани на Гельголанде погибли сотни морских птиц, а в другом месте (Deutsche Bucht) гибель птиц приняла такие масштабы, каких не наблюдалось уже много лет. На пляжи островов Зильт и Ам-рум (северофризское побережье) прибило течением сотни птичьих трупов.

На мертвых птицах не было следов нефти. И все же птицы погибли в результате разлива нефти в Бретани: и рыбы, и вся пищевая цепь, в звенья которой попала нефть, были отравлены ею, и если птицы поедали отравленных нефтью рыб, они погибали. (Хотя причинная связь в данном случае и не была доказана, она достаточно очевидна).

Предпринимались попытки бороться с разлившейся нефтью путем разбрызгивания над

морем с самолетов огромных количеств нефтесвязывающих химических веществ. В лучшем случае в итоге с поверхности моря исчезала большая часть «черной чумы». Но уже давно стало ясно, что эти химические средства уничтожения нефти вряд ли менее опасны для биоценозов моря, чем сама нефть.

Проблему загрязнения моря нефтью подробно рассматривает Хупфер (Hupfer, 1979).

Несколько лет назад в Мексиканском заливе произошла одна из величайших катастроф в истории добычи нефти. Из-за течи в подводной нефтяной скважине длительное время ежедневно в море изливалось более 2 млн литров нефти. Пять шестых этого количества нефти было сожжено, испарилось или было собрано специальными устройствами, но для этой цели в море пришлось выбросить тысячи тонн нефтесвязывающих веществ, и, разумеется, неизвестно, не был ли экологический вред от этих веществ больше, чем вред от самой нефти.

Катастрофы с нефтяными танкерами и огромные нефтяные пятна на поверхности воды вызывают достаточно громкую реакцию и широко комментируются средствами массовой информации. Может создаться впечатление, что именно они – главная причина загрязнения морей, но это не соответствует действительности. Однако не следует в то же время недооценивать значение катастроф с танкерами!

Загрязнение морей нефтью в результате аварий танкеров в целом составляет лишь небольшую часть общего нефтяного загрязнения морей. Существует много других источников, и среди них прежде всего эксплуатация морских судов. В 1971 году доля загрязнения, связанная с авариями танкеров, составляла всего лишь 5%. С тех пор были предприняты большие усилия с целью уменьшить загрязнение морей нефтью. К 1980 году было достигнуто улучшение по всем позициям, и только загрязнение вследствие катастроф с танкерами почти удвоилось. Этот факт вызывает большую озабоченность, тем более что и сейчас как сама конструкция крупных современных танкеров, так и их эксплуатация не представляются достаточно надежными; во всяком случае, можно ожидать, что катастрофы, подобные случаю с танкером «Амоко-Кадик», будут повторяться. При этой катастрофе в 1978 году в море сразу вылилось 230 000 т сырой нефти.

## **72. Прочие токсиканты окружающей природной среды**

По-видимому, мы должны рассматривать любое инородное вещество, попадающее в окружающую нас среду, как возможный токсикант до тех пор, пока не будет доказано обратное. Но коварство ситуации состоит в том, что последствия могут быть совершенно неожиданными и отличными от тех, которые мы уже знаем и ожидаем, –

часто мы бываем застигнуты врасплох каким-то особым видом негативного воздействия токсиканта. Понятно, что многосторонние токсикологические испытания каждого нового биологически активного вещества необычайно важны; однако они не дают гарантии, что это новое вещество оценено по всей широте спектра его действия.

Представить широкую картину возможных воздействий токсикантов на ряде примеров было для меня важнее, чем обеспечить полноту изложения. И все же я не могу пройти мимо гептахлора, тем более что здесь мы опять имеем дело с особым и неожиданным механизмом действия.

Гептахлор применяют в больших количествах там, где раньше использовали ДДТ. Неожиданно было замечено, что под влиянием ультрафиолетовых лучей гаптахлор после его распыления почти весь (более 90%) превращается в гептахлорэпоксидкетон – новое, ранее неизвестное химическое соединение, которое во много раз токсичнее исходного инсектицида.

**Рис. 43.** Орлан-белохвост в судорогах, за несколько часов до гибели. Он склевал грача, погибшего от препарата метилпаратиона, который был применен для борьбы с воронами (Фото из архива Эйхлера)

Так как раньше об этом веществе ничего не знали, то его и не пытались обнаружить, и поэтому нам мало что известно о его возможном накоплении в природе.

К материалам, привлечшим к себе внимание лишь в недавнее время, не в последнюю очередь относится асбест, поскольку его волокна при достаточно интенсивном и длительном воздействии определенно вызывают развитие рака. В связи с этим разрабатываются различные меры для уменьшения загрязнения среды этим материалом. Недавно, однако, выяснилось, что канцерогенное действие волокон асбеста связано не с материалом как таковым, а с длиной его волокон. По-видимому, только волокна длиной от 5 до 250 мкм и диаметром менее 3 мкм (а в особенности менее 1 мкм) способны проникать в легкие и оказывать там вредное воздействие (Trunko, 1979). Более крупные волокна не проникают в легкие, а более короткие выводятся лимфатической системой. В отличие от этого волокна критических размеров не полностью проникают в ткань легких, и клеточные мембраны подвергаются здесь хроническому повреждению, что приводит к постоянной нехватке ферментов. Эта нехватка компенсируется усилением процессов гликолиза. Постоянный конфликт клетки с волокном становится причиной хронического раздражения и приводит к возникновению опухолей. Особенно часто развиваются опухоли плевры и брюшины.

Асбестовая пыль появляется, помимо прочего, при сносе зданий, особенно при

взрывных работах, а также при стирании автомобильных тормозных колодок, которые содержат асбест. (Фирма «Фольксваген» экспериментирует с 1981 года с другим материалом, который в настоящее время используется в тормозных колодках машин, идущих на экспорт.) Благодаря мерам по охране труда в ФРГ за последние годы удалось существенно снизить концентрацию асбестовой пыли на рабочих местах.

Асбест находит около 3000 различных применений, но большая часть его (70%) идет на производство асбоцемента. (В Дании с 1985 года производство асбоцемента будет запрещено. Решение о введении такого же запрета приняли Швеция и Нидерланды.)

Федеральное ведомство по охране окружающей среды ФРГ выиграло процесс, в котором представители асбестовой промышленности пытались оспаривать тот факт, что от волокон асбеста ежегодно умирают в результате заболевания раком не менее 4000 человек.

Но если, как говорилось выше, решающее значение для канцерогенного действия имеют размеры асбестовых волокон, то следует опасаться того, что и стеклянные волокна могут действовать таким же образом. Этот вопрос особенно актуален в связи с тем, что стекловата находит все большее применение – не только как строительный материал, но и как компонент, придающий прочность всевозможным другим материалам. Поэтому можно ожидать, что в будущем не только профессиональные рабочие, но и мастера-любители (а также надомники) будут подвергаться действию этого материала. Это тем более опасно, что при обработке стекловаты становится очень хрупкой и может попадать в воздух жилищ.

Трунко (Trunko, 1980) сообщает об одном случае, когда в доме для одной семьи последовательно отделялись две комнаты с применением панелей из стекловаты. Стекловата была недостаточно хорошо изолирована. Вскоре у обитателей дома стали наблюдаться явления раздражения кожи и дыхательных путей. Позже выяснилось, что стеклянная пыль распространилась по всему дому и проникла даже в закрытые шкафы и ящики столов. Обычные пылесосы не улавливают такую пыль! Поэтому можно предположить, что неопределенные и необъяснимые хронические жалобы на органы дыхания, возможно, иногда бывают связаны именно с такими явлениями. Если до сих пор другие сообщения подобного рода не были (или почти не были) известны, то это могло объясняться тем, что, с одной стороны, еще не была установлена причинная связь, а с другой – стекловату со значительной долей тончайших волокон стали изготавливать и использовать совсем недавно.

О том, какие выводы следует сделать из полученного опыта в отношении технологии изготовления и применения стекловаты, подробно и обоснованно сообщает в своей

работе Трунко (Trunko, 1979).

В донных отложениях озера Байкал были обнаружены остаточные количества эфиров фталевой кислоты. Это побочные продукты производства пластмасс, и то, что они найдены в отложениях Байкала, означает неумышленное и непредвиденное загрязнение природной среды. Этот случай можно объяснить заносом остатков, предположительно воздушным путем.

**Рис. 44.** После применения токсафена для уничтожения сорной рыбы погибла вся ихтиофауна озера; теперь у высаженных туда карпов не осталось пищевых конкурентов (фото из архива Эйхлера)

В последнее время в США и ФРГ идут жаркие дискуссии о формальдегиде в окружающем нас воздухе. Это вещество, нашедшее в последние десятилетия весьма многообразное применение, издавна известно как дыхательный яд. Оно нередко вызывает аллергию, а в больших дозах (с которыми человек практически не встречается) может вызывать у крыс рак носовой полости. В результате этих дискуссий в ФРГ в 1984 году задумались о том, чтобы по возможности уменьшить содержание формальдегида в различных материалах. Сейчас он применяется очень широко и входит даже в состав некоторых косметических средств; есть он и в оправках очков, так что его выделение может вызвать кожную аллергию.

Известны случаи, когда выделение формальдегида из древесно-стружечных плит (используемых в современной мебели; связующим материалом в них служит искусственная смола, содержащая формальдегид) и даже из изоляционной стекловаты создает довольно высокие концентрации формальдегида в воздухе жилых и рабочих помещений и становится причиной слезотечения и упорных головных болей. Особой опасности подвергаются лица, носящие контактные линзы: у них начинается конъюнктивит.

Из-за слишком высокого содержания формальдегида в воздухе в ФРГ в 1984 году был на некоторое время закрыт один из детских садов. Следует заметить, что формальдегид тяжелее воздуха и потому больше концентрируется вблизи пола. По этой причине особой опасности подвергаются дети, если они долго задерживаются в помещениях даже с низким содержанием формальдегида в воздухе. В отличие от других ядовитых газов у формальдегида есть одно преимущество: даже очень незначительные его концентрации раздражают дыхательные пути и слизистые оболочки у человека и таким образом предупреждают его об опасности.

### **73. Другие проблемы охраны окружающей среды**

В настоящее время все виды хозяйственной деятельности человека создают в какой-либо форме проблемы, связанные с охраной среды, поскольку эта деятельность так или иначе затрагивает природу и все, что нас окружает. Самые важные темы я подробно осветил в специальных главах. Наряду с этим, однако, существует еще ряд вопросов, которые до сих пор не выдвигались на первый план и которых я хотел бы коротко коснуться ниже. Эта краткость во многих случаях объясняется тем, что либо сама проблема так хорошо знакома, что можно ограничиться лишь немногими замечаниями, либо речь не идет, собственно, о токсикантах окружающей среды, которые составляют главный предмет этой книги.

**Рис. 45.** У одного из домов, показанных на рис. 46...47, пришлось поставить контрфорсы для укрепления стен. (Jäger et al., 1982)

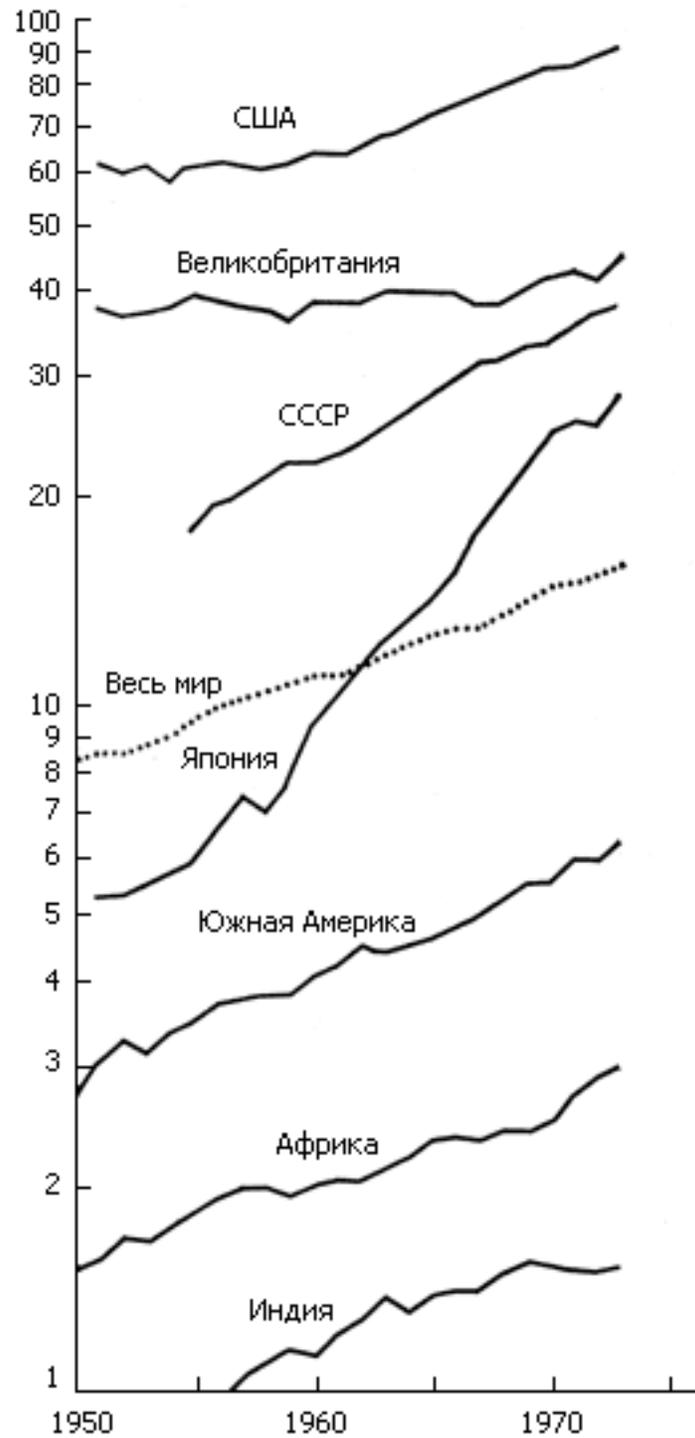
Здесь заслуживает упоминания ситуация с сырьем – хотя бы потому, что она всегда занимает важное место в любой общей дискуссии по вопросам охраны окружающей среды. Большое значение в этой связи имеет технология, так как именно от нее зависит, каким образом добытые сырые материалы или другие активные вещества будут попадать в окружающую среду. В будущем возможно существенное изменение технологических процессов в целях лучшего использования сырья и уменьшения вредных последствий его добычи для окружающей среды; может быть, сырье даже будут добывать там, где раньше это считалось нецелесообразным.

Сейчас очень много говорят об уже наступившем или – в зависимости от вида сырья – угрожающем кризисе сырьевых ресурсов. Подобные прогнозы многократно делались уже несколько десятилетий назад; в результате и сейчас, может быть, не будет приниматься всерьез прогнозируемое истощение сырьевых ресурсов. Но эта проблема имеет скорее технологический характер, поскольку чуть ли не все виды сырья содержатся еще и в коренных породах. Когда будет разработана технология обогащения гранита, проблема подлинного истощения сырьевых ресурсов вероятно, отпадет. И мы смеем надеяться, что технология будущего позволит осуществить принцип замкнутого круговорота, без которого мы теряем сырье вместе с отходами производства и который исключит, таким образом, нежелательное загрязнение среды.

**В лесоводстве** монокультура привела к различного рода неудачам, поэтому в Средней Европе предпринимаются попытки сохранить естественные леса или восстановить их. Энтузиасты таких попыток утверждают, что в естественных лесах продукция древесины может быть не меньше той, которую получают с большими затратами при искусственном лесоразведении.

**Рис. 46 – 47.** Повреждение старых деревенских домов в результате понижения уровня грунтовых вод после мелиоративных мероприятий. Сходны явления могут быть вызваны асфальтированием деревенских улиц (после сильных дождей масса воды скапливается у фундаментов домов, а раньше она просачивалась между камнями мостовой) и интенсивным транспортным движением на

деревенских улицах (оно сотрясает основания домов, разрыхленные и пропитанные дождевой влагой) (Jäger et al., 1982)



**Рис. 48.** Рост потребления энергии в расчете на душу населения (в мегаватт-часах, логарифмическая шкала) в разных странах (Hodges, 1977)

Шум не относится к токсикантам окружающей среды, но и он может оказывать на нее вредное воздействие.

Энергетический кризис представляет собой хорошо знакомую всем проблему, так что я не стану подробно на нем останавливаться. Для ясности приведу лишь одну цифру, касающуюся ФРГ: стоимость жидкого топлива за период с 1972 по 1981 г. возросла почти в 8 раз.

Предпринимаются попытки изыскать новые источники энергии в самых разных областях. Я позволю себе выбрать из множества примеров один, касающийся прогнозов создания электростанций на ледниках, от которых можно ожидать наиболее чистого и экономичного использования неисчерпаемых источников энергии.

В этой связи имеются в виду прежде всего талые воды исполинских внутренних ледников Гренландии. Отвесные берега южной Гренландии высотой от 1000 до 3000 м дают все основания для строительства крупных электростанций. С созданием ледниковых станций в этих районах могут быть преодолены все энергетические трудности для США и Европы на многие десятилетия!

Широко обсуждается также использование солнечной энергии. Но вот к какому выводу приходит В. Бойтер (Beuter, личное сообщение): для того чтобы получить достаточное количество водорода из воды, нужно будет построить гелиостанции по всему миру в области тропических морей, а тогда для сооружения «плавающих островов» потребуется мировая продукция стали всего последующего тысячелетия – общей стоимостью в  $800 \cdot 10^{12}$  марок ФРГ!

При добыче полезных ископаемых к нарушению ландшафта приводят прежде всего открытые разработки и отвалы пустой породы. Рекультивация таких площадей составляет одну из первоочередных задач социалистического землепользования. В этой области ГДР достигла за последние годы больших успехов, и такие рекультивированные площади на месте бывших разработок бурого угля стали своеобразной рекламой охраны окружающей среды в нашей стране.

В Москве ежегодно экономится 5...8 млн рублей за счет того, что теплоцентрали ежедневно пользуются данными метеослужбы.

#### **74. Перспективы создания лучших инсектицидов**

Химизация окружающей человека среды идет семимильными шагами. В 1977 г. было зарегистрировано 4-миллионное по счету новое рукотворное химическое соединение, а в 1980 г. – уже 5-миллионное. Ежегодно добавляется примерно 250 тысяч новых соединений. Это позволяет надеяться, что среди них будут не только новые, но и лучшие биологически активные вещества, наносящие меньше вреда окружающей природной

среде. Поиски новых соединений обходятся, однако, все дороже – ведь растет и стоимость их разработки, и стоимость испытания их на пригодность в качестве инсектицидов.

Разработка нового пестицида продолжается (при шансах на успех 1 : 10 000) примерно 6...9 лет и обходится в среднем в сумму порядка 20 млн марок ФРГ, причем расходы распределяются следующим образом:

- химические разработки – 30...35%;
- биологические испытания – 40...45%;
- полевые испытания (токсикология, исследование остаточных количеств и т.п.) – 25...30%.

На изучение возможной вредности для окружающей среды расходуется, таким образом, почти треть всех средств.

Для разработки и проверки лекарственных средств приводятся подобные же все возрастающие цифры. Согласно одному из отчетов химического концерна «Сандоз» в Базеле (Швейцария), в 1982 году потребовалось 125 млн марок ФРГ для того, чтобы среди 10 000 изученных биологически активных веществ выявить всего одно, которое можно было предложить рынку в качестве медикамента; при этом вся процедура поисков заняла около 12 лет! Однако нет уверенности в том, что эти данные отражают действительный рост стоимости – что они не были несколько «причесаны» в пропагандистских и финансово-технических целях.

За период с 1961 по 1980 г. фармацевтические фирмы ФРГ израсходовали на исследования и разработки более 15 млрд марок. В результате было получено около 200 новых активных препаратов.

Хотя усовершенствование химических методов анализа и не относится непосредственно к получению новых веществ, оно во многом существенно способствует более верной оценке новых инсектицидов. В период 1950...1960 гг. предел мечтаний в области выявления каких-либо веществ была величина 1 мг/кг (10–6). Теперь давно стала реальностью величина 1 нг/кг (10–12), что соответствует примерно отношению длины 0,4 мм к расстоянию между Землей и Луной или весу 1/25 части зубчика почтовой марки в 1 тонне чужеродного вещества.

Это лишь ориентировочные цифры, так как вполне понятно, что предел выявления

конкретного вещества зависит и от его собственных свойств. Например, для ДДТ чувствительность методов анализа составляла до 1950 г. всего лишь 1 мг/кг, после 1950 г. – уже 0,01 мг/кг, а после 1965 г. – 0,000001 мг/кг.

Для борьбы с вредными насекомыми применяются не только инсектициды. Есть и другие методы, которые в целом ряде случаев могут дать превосходные результаты: например, биологическая борьба с вредителями (с помощью паразитов и других естественных врагов), затем использование половых аттрактантов, стерилизующих средств, микробиологических препаратов (бактерии, вирусы, грибы). Международный союз охраны природы допускает «применение пестицидов для защиты культурных растений или борьбы с переносчиками болезней», но только в тех случаях, «когда исчерпаны все другие возможности».

Разработка неинсектицидных методов борьбы с вредителями не обязательно обходится дороже, но, во всяком случае, она намного сложнее, чем создание нового инсектицида, – вот почему работа в этом направлении разворачивается слишком медленно. Здесь (так же как и в случае с курением, налогом на табак и ранней инвалидностью, вызываемой потреблением никотина) сегодня дело обстоит таким образом, что мы в конце концов вынуждены тратить больше средств на то, чтобы компенсировать ущерб от какого-либо пестицида, чем стоили бы поиски путей отказа от его применения.

Когда знакомишься с положением дела в области разработки новых средств защиты растений, порой создается впечатление, что проблема токсичности ядохимикатов для человека привлекает меньше внимания, чем нежелательное появление устойчивости вредных насекомых к новому инсектициду. Во всяком случае, этот последний феномен имеет столь большое экономическое значение, что становится понятно, почему отдел генетики растений Общества защиты от излучений и охраны окружающей среды преобразован в «Институт генетики устойчивости».

## **75. Биологические методы борьбы и их перспективы**

На неспециалистов, как правило, сильно действуют доводы в пользу того, что с вредителями следует бороться «биологическими» методами, – ведь все «естественное, природное» имеет в эмоциональном плане несомненное преимущество перед «искусственным». В более узком смысле под биологическим методом борьбы с вредителями понимают использование их естественных врагов (например, наездников); специалисты же обычно употребляют этот термин для обозначения «биологических методов борьбы» в противоположность химическим. Однако разграничивать эти термины становится все труднее, по мере того как растет многообразие возможных

способов борьбы с насекомыми.

Современное состояние проблемы биологической борьбы с вредителями охарактеризовано в книге Франца и Зедлага (Franz, Sedlag). Тематика моей книги не позволяет рассмотреть этот вопрос подробно. Вкратце можно дать следующую общую оценку: 1) биологические методы сложнее (и часто дороже) химических; 2) нас не должны останавливать ни трудности, ни расходы, коль скоро речь идет о выяснении новых возможностей биологической борьбы и дальнейших разработках в этой области.

До сих пор эта сторона борьбы с вредителями-насекомыми изучена совершенно недостаточно, что ясно показала Рэчел Карсон (Carson). Она отмечает, что подобные темы для докторских диссертаций мало привлекательны, так как никогда нельзя знать заранее, как долго продлится исследовательская работа и приведет ли она вообще к успеху; к тому же нет специалистов с высшим образованием, которые могли бы руководить такими исследованиями, – ведь в каждом отдельном случае могут потребоваться знания самого различного рода.

Совсем иначе обстоит дело с апробацией какого-либо нового инсектицида: здесь не только наверняка будет какой-то «новый» результат, но можно рассчитать и время исследования – работа не требует никаких новых мыслей, нужно лишь повторить то, что уже было кем-то однажды сделано с другим инсектицидом. Намного привлекательнее и материальная сторона: фирма, которая проводит испытание нового инсектицида, заинтересована в скорейшем получении результата, и в распоряжение исполнителя, вероятно, будут предоставлены опытные участки, не будет проблем с оплатой транспорта, чтобы обеспечить регулярное посещение этих участков, и т.п. В результате такой работы докторант может даже получить хорошую должность в промышленности. И если он сам когда-то станет профессором, он тоже будет склонен предлагать в качестве диссертационных тем испытания новых инсектицидов, поскольку сам разбирается в этом вопросе.

Возможно, что представленная картина особенно характерна для американских условий, но она, несомненно, в значительной части отражает и всеобщее положение дела. Во всяком случае, очевидно одно: возможности биологической борьбы с вредителями еще далеко не исчерпаны. Если Дебелер и Хинц (Daebeler, Hinz, 1978) установили, что большие потери урожая свеклы из-за свекловичной тли в засушливые годы можно существенно снизить (с 81 до 6%) путем дождевания, то этот факт должен послужить серьезным укором всем, кто пытается бороться с тлями только химическими средствами. Одновременно возникает вопрос: как же можно оценить успех опрыскивания против свекловичной тли, если не проводилось контрольных опытов с чистой водой?

Зедлаг на с. 183 своей книги характеризует методы размножения муравьев и охрану птиц как «не оправдавшие себя экономически». Высоко оценивая усилия Зедлага в области разработки биологических методов борьбы с вредителями, я в своих рецензиях считал своим долгом не согласиться с этой его оценкой: я полагаю, что биолог вообще не должен сравнивать методы, безвредные для окружающей среды, с методами, наносящими ей вред (имеется в виду прежде всего использование инсектицидов), исходя из одних только экономических соображений...

Борьба с личинками мошек путем внесения в водоемы инсектицидов (ларвицидов) приводит к серьезным последствиям, а насекомые вскоре становятся устойчивыми к этим средствам. Напротив, использование бактерий *Bacillus thuringien-sis* привело к полному уничтожению популяции этих личинок на обработанном участке реки (Африка, Берег Слоновой Кости).

## 76. История с морской звездой акантастер

В прошлом нередко бывало, что предсказывали ту или иную катастрофу, основываясь подчас на весьма существенных фактах, хотя на деле иной раз все кончалось не так плохо. Этот опыт учит нас не поддаваться пессимизму в связи с изложенным ниже материалом; с другой же стороны, было бы, несомненно, ошибкой и недооценивать столь серьезные факты.

Речь пойдет об отмеченном еще в начале 60-х годов ужасающем массовом размножении морской звезды *Acanthaster planci*, которая раньше считалась редкой. Она питается коралловыми полипами, и из-за ее массового размножения всем коралловым рифам Тихого океана грозит опасность объедания и «обнажения». Следствием этого будет ослабление рифов, им грозит уничтожение, и тогда окаймленные ими острова уже не будут защищены от действия приливов. Биоценоз рифов гибнет, уничтожаются рыбные банки. Невозможно предвидеть все последствия этого для морских биоценозов и для всей биосферы Земли. Прожорливость этой морской звезды такова, что она способна за 5 лет полностью уничтожить коралловый риф, для создания которого нужны были тысячелетия.

Причины такого катастрофического размножения морской звезды до конца еще не ясны. Но не следует и полностью отвергать предположение о том, что наличие даже следов инсектицидов в морской воде губительно действует на ранние стадии развития естественных врагов этой морской звезды и таким образом нарушается природное равновесие. Известно, что даже минимальные количества инсектицидов могут вызывать гибель личиночных форм моллюсков и других обитателей океана.

**Рис. 49.** Морская звезда *Acanthaster planci* на коралле *Acropora hyacinthus* во французской Полинезии (Фото D. Kühlmann)

Такие природные катастрофы, как описанная выше, определенно играли в истории Земли какую-то особую роль. Должен ли и сам человек разрушать свою планету?

В экспериментах по борьбе с морской звездой в Австралии, например, использовали раствор сульфата меди. Один ныряльщик мог обработать за один час 132 животных. Это, по существу, капля в море, так как, например, на одном только рифе Грин-Айленд миллионы звезд.

Опираясь на теорию вероятностей, можно ожидать, что в ближайшие годы у австралийского побережья произойдет авария крупного танкера. Может быть, в результате этого загрязнения моря пострадают и морские звезды?

## **77. Большие города как убежища от токсикантов**

При выборочных обследованиях в связи с катастрофическим загрязнением зерна ртутью в Швеции выяснилось, что такой обычный обитатель сельской местности, как обыкновенная овсянка, сильно загрязнен ртутью. В печени у птиц находили до 220 мг/кг ртути; этим высоким остаточным содержанием ртути и объясняется значительное уменьшение популяции овсянок в Швеции. Только в городах у овсянки не было в организме остатков ртути: они просто не могли найти здесь протравленного ртутью зерна!

Весьма прискорбный для современного индустриального общества факт: птицам в сельской местности угрожает гибель от отравления, а большие города становятся для них прибежищем.

## **78. Эволюционные аспекты действия биоцидов в пищевых цепях**

То, что пестициды типа ДДТ и метилртути могут стать причиной исчезновения некоторых видов птиц, дает основание причислить их к факторам отбора в окружающей среде. Ряду пестицидов приписывают и мутагенное действие. Поэтому, когда речь идет о биоцидах, мы должны считаться с многообразными биологическими последствиями мутаций и отбора. Даже небольшие эволюционные сдвиги приводят в конце концов к изменению в наследственной системе организма, а затем и к изменению поведения.

На рыб пестициды действуют как эволюционные факторы самым различным образом; пестициды могут также влиять на распределение косяков рыб.

## 79. История с препаратом «кепон»

Прежде чем мы подойдем к концу книги и к конкретным выводам, я хотел бы привести еще один мрачный пример, относящийся к нашей тематике, и еще раз продемонстрировать, какие опасные ситуации создает научно-техническая революция последних лет. Речь идет об истории с препаратом «кепон».

На основе хлордекона был разработан препарат с коммерческим названием «кепон», весьма эффективный ядохимикат для уничтожения тараканов и домашних муравьев с помощью отравленных приманок. Он значительно упростил и сделал более успешной борьбу прежде всего с домашними муравьями. И вдруг выяснилось, что среди рабочих, занятых на производстве хлордекона, появились массовые заболевания раком печени; а ниже по течению реки были обнаружены опасно высокие остаточные количества хлордекона в двустворчатых моллюсках, ракообразных и рыбе. Находившийся в США завод был вынужден свернуть свое производство: выпуск кепо-на, признанного одним из опаснейших канцерогенов, был запрещен. Оставшееся количество препарата было продано в ФРГ.

Кепон – незаменимый препарат для борьбы с домашними муравьями, и вот стали распространяться разговоры о том, что якобы он опасен как канцерогенное вещество только в процессе его изготовления, а не тогда, когда его применяют для борьбы с насекомыми. Говорят также, что после запрета производства кепона в США его стали выпускать в какой-то другой стране (в Испании или Бразилии?).

Сходную судьбу имеет также и аналогичный кепону эффективный инсектицид «мирекс». Это вещество оказалось единственным надежным средством борьбы с муравьем *Solenopsis*. Применение его облегчала современная техника: в юго-восточной части США приманку с мирексом разбрасывали с самолета. Однако делать этого никак нельзя, так как речь идет о веществе с канцерогенным действием!

## 80. Общественно-политическое значение проблемы

Было бы прекрасно, если бы решения по вопросам, касающимся опасности для здоровья человека, принимались всегда лишь на основании объективных фактов. Но это только мечта. Когда Рэчел Карсон опубликовала свою книгу «Безмолвная весна», она подверглась яростной критике со стороны Службы защиты растений ФРГ. Собственно, почему же? Были же специалисты, которые должны были знать, что она, по крайней мере в принципе, права! Сегодня ведь каждый признает, что все сложилось даже хуже, чем она предвидела. Чего можно тогда ожидать от неспециалистов?

У нас есть все основания сомневаться в сознании ответственности научных экспертов, когда мы думаем, например, о лауреате Нобелевской премии мира Борлоуге (Borlaug), который еще в 1970 году преуменьшал опасность ДДТ. Ему – человеку, который благодаря своей «зеленой революции», вероятно, в значительной степени способствовал прогрессу в сельском хозяйстве, – больше было бы к лицу честно признать, насколько опасны для человека средства защиты растений. На этом примере мы видим, с какой осторожностью следует доверять людям, обладающим в своей специальной области большими познаниями и потому весьма авторитетным, когда они берутся судить о *других* проблемах.

Но перейдем к дальнейшим еще не решенным вопросам. Почему не было разрешено применение контергана в США? Благодаря более строгим законам, касающимся лекарственных средств? Или же просто нужно было исключить конкуренцию со стороны европейской фирмы?

Что можно, собственно, сказать, когда по меньшей мере девять веществ, применение которых в США ограничено или даже запрещено (алдрин, стробан, ДДТ, 2,4-Д, токсафен, геп-тахлор, линдан, 2,4,5-Т и эндрин), продолжают выпускаться на экспорт? В США фирмам не возбраняется продавать запрещенные пестициды, не имеющие сбыта в своей стране, другим странам.

Пусть верно то, что химические фирмы тщательно проверяют выпускаемые ими биологически активные вещества и держат в секрете результаты, но можем ли мы положиться на то, что они действуют со всей ответственностью? Не возникает ли порой опасность, что какое-нибудь сомнительное вещество фирма не будет использовать сама и бездумно уступит конкурентам – пусть те попадут впросак?

Разве не звучит абсурдом, что фирма BASF (ФРГ) распространяет по случаю своего 50-летия рекламное издание «50 лет охраны окружающей среды»? Не приходит ли сразу в голову крик «Держи вора!»\*

---

\* Я не хотел бы быть несправедливым или неверно понятым: я очень хорошо знаю, что фирма BASF в настоящее время много делает для охраны окружающей среды. Крупное химическое предприятие *не может* не принимать мер по охране среды, к этому его вынуждает все современное развитие, – и, само собой разумеется, фирма разрабатывает и важные новые технологии, порой и патентует их. Но это ничего не меняет по сути дела, поскольку именно крупные химические предприятия создают для нас самые сложные проблемы, связанные с охраной окружающей среды; еще 50 лет назад никто не мог даже предположить всех катастрофических последствий, с которыми мы имеем дело в настоящее время.

Разве можно удивляться тому, что нефтяные концерны приветствуют кампании против атомных электростанций? Ведь они смогут продавать больше нефти, если будет

строиться меньше атомных станций! Или, может быть, дело в том, что курсы акций уранодобывающих предприятий будут падать и они смогут их дешевле скупить?

Разве не должна платить высокие штрафы небольшая химическая фабрика, если она спускает в реку неочищенные стоки? А между тем крупному заводу достаточно объявить, что он перебазировывает производство куда-нибудь в Южную Америку или Таиланд (где рабочая сила дешевле и инструкции по охране окружающей среды менее строги), и вот уже все грехи отпущены!

В Швеции отказали в лицензии на строительство одной новой химической фабрики по той причине, что законодательство об охране вод не допускало определенного содержания ртути в промышленных стоках. После этого технология была изменена: ртуть решено было выводить только через дымовые трубы. И теперь уже нельзя отказать в лицензии, так как закон об охране воздуха еще не вступил в силу и впоследствии распространялся бы только на те объекты, которые будут построены в дальнейшем.

Не составит большого труда продолжить такой ход рассуждений, и можно было бы легко заполнить полкнижки конкретными примерами. Здесь следует упомянуть книгу Велленштейна (Wellenstein, 1976), который собрал об этом интересный материал.

Часто можно слышать, что в условиях социализма такие проблемы решаются намного легче. В принципе это, без сомнения, верно, однако и в социалистической стране охрана окружающей среды стоит денег, и далеко не все проблемы можно решить одним росчерком пера. Если бы все было так просто, то в социалистических странах, например, уже больше не продавались бы сигареты!

Но что действительно можно делать – это распространять специальные знания. Разумеется, одни специальные знания еще не решают проблему, но это первая предпосылка для ее решения. Поэтому я хотел бы воспользоваться случаем и, образно говоря, снять шляпу в знак моего уважения к ветеринарам и лесоводам: они стояли в первых рядах оппозиции по отношению к химическим средствам защиты растений, так как были хорошо знакомы с негативными последствиями их применения.

Говорят, озеро Эри в США настолько загрязнено всевозможными стоками, особенно нефтесодержащими, что его поверхность будто бы может загореться, если ее поджечь. Случаи такого сильного загрязнения, несомненно, бывают в США, но было бы ошибкой думать, что так должно быть и дальше. Именно эти чуть ли не катастрофические явления в США вызвали там такую реакцию, которая в некоторых случаях ударяется уже в другую крайность.

Отрицательные факты, приведенные мною в этой главе, и те, которые еще будут приведены ниже, характерны для общественного строя, ориентированного на получение прибыли. Иногда следует соблюдать осторожность и не принимать за вполне чистую монету отдельные сообщения подобного рода. Ведь конкурентная борьба приводит к тому, что продукцию конкурирующих фирм умышленно дискредитируют с целью представить в более выгодном свете свою собственную.

Самая содержательная из вышедших до сих пор книг об опасностях загрязнения окружающей среды и, кроме того, об опасностях демографического взрыва (и о возможных контрмерах) принадлежит перу американских зоологов Анне и Полу Эрлих (Ehrlich). В этой книге они, в частности, пишут об абсолютно загрязненном озере Эри и предсказывают, что такая же судьба неотвратимо ожидает и озеро Байкал. Но этого как раз и не будет: как только был построен новый целлюлозный комбинат на Байкале, в строй вступили подготовленные заранее очистные сооружения. На очистные системы приходится треть всех производственных расходов (из этого понятно, почему часто ничего не делается для охраны окружающей среды), но зато в Байкал возвращается только наилучшим образом очищенная вода. Министр охраны окружающей среды ГДР доктор Ханс Рейхельт сообщил на одном широком форуме, что он сам лично пил эту воду; хотя это и не самая лучшая питьевая вода, но пить ее можно.

История охраны окружающей среды знает в последние десятилетия много случаев, когда промышленные фирмы защищались от предъявленных им обвинений всеми возможными способами, отбивались руками и ногами. Справедливости ради следует, однако, сделать оговорку и признать, что некоторые упреки в адрес химической промышленности вначале не были столь хорошо обоснованы, чтобы быть достаточно убедительными. Когда в Швеции от отравления ртутью стали гибнуть фазаны и причиной этого считался препарат, применявшийся для протравливания семян и содержащий ртуть (мне приходится снова и снова возвращаться к проблеме ртути), изготовители этого препарата ссылались на то, что содержащий ртуть протравитель для семян применялся и в Дании, и в Финляндии, но мертвых фазанов на полях там не было. Позднее, однако, выяснилось: в Дании для той же цели применяли фенилртуть, а в Финляндии – алкоксиал-килртуть; оба этих соединения быстро разлагаются, а используемая в Швеции метилртуть особо ядовита и очень устойчива.

Именно это вещество одна из фабрик, выпускавших в Японии поливинилхлорид, спускала в реку (без очистки), а оттуда оно попадало в бухту Минамата, что привело к многочисленным отравлениям, иногда даже смертельным, у рыбаков. Рыбы, содержавшие большое количество метилртути, уже не могли нормально плавать, поэтому их без труда ловили в открытом море сачками даже мальчишки, и бедные рыбацкие семьи получали таким образом желанную добавочную пищу.

Когда один из инженеров объяснил рыбакам, отчего они болеют, те хотели разгромить фабрику, а фирма вначале полностью отрицала свою вину. Когда были получены неопровержимые доказательства, правительство тотчас же запретило лов рыбы в бухте Минамата – вот уж поистине Соломоново решение... Позже фирме пришлось выплатить штраф за нанесенный ущерб. А японское правительство после этого настолько ужесточило требования к очистке промышленных стоков, что производственные расходы стали непомерно высоки для капиталистических предприятий, так как международная конкурентоспособность японской промышленности объяснялась, помимо прочего, еще и тем, что обычно промышленные стоки не подвергались очистке.

Этого можно было бы ожидать, и в действительности так и произошло, как нам стало известно из последних публикаций: промышленность начала перебазираться в другие страны, например в Таиланд, – туда, где японские законы не действуют, а правительство еще не ввело таких же запретов (поскольку в данной стране еще не были знакомы с подобными последствиями индустриализации или считали привлечение иностранного капитала более важным мотивом).

История открытия опасности биоцидов – это история борьбы за утверждение научных знаний, против изживших себя представлений и против меркантильных интересов монополистической промышленности. Красноречивой иллюстрацией этого могут служить упомянутые выше злобные нападки на книгу Рэчел Карсон «Безмолвная весна» со стороны официального ведомства ФРГ по защите растений. Тем временем мы убедились в том, что написание этой книги явилось смелым новаторством, и я присоединяюсь к мнению Штейнигера, что автор ее заслуживает Нобелевской премии. Такая оценка, несомненно, связана с тем фактом, что появление книги Карсон в США – где прежде ситуация была во многом особенно неблагоприятной – все же через несколько лет привело к тому, что к ряду требований охраны окружающей среды стали относиться с достаточным вниманием, и помогло пробиться многообразным прогрессивным тенденциям.

Было бы глупо, обрисовывая подобные ситуации, пользоваться только черной и белой краской без каких-либо полутонов. Здесь не исключена и известная дифференцировка. Например, Швеция находится в очень большой экономической зависимости от своей промышленности, а с другой стороны, именно в Швеции много прогрессивных тенденций, отражающих общественное мнение и честную позицию интеллигенции этой страны (см. Eichler, 1972, S. 123). Поэтому здесь легче, чем во многих других капиталистических странах, пробиться гуманистическим идеям, например идеям охраны окружающей среды, вопреки интересам промышленности. Давление, которое оказывали на Борга (Borg) – первооткрывателя «ртутной» пищевой цепи, – было массивным и угрожающим; но в Швеции ему все же легче было обороняться с

помощью приводимых фактов, чем это могло бы быть в любой другой капиталистической стране.

Я признаю, что огромное большинство приведенных мною «случаев» взято из практики западных стран. Это и понятно, поскольку там больше развита химическая промышленность, а именно она производит ядохимикаты и тем самым способствует накоплению токсикантов в пищевых цепях. Более развита химическая промышленность обеспечивает и применение наиболее совершенных аналитических методов, позволяющих быстрее выявлять неожиданные последствия. Как раз в области защиты растений (что объясняется многими причинами) восточноевропейские страны нередко отставали в области использования новых препаратов, и уже по одной этой причине пищевые цепи в западных странах изучались быстрее. И наконец, западные источники информации – иногда случайно, иногда в связи с моими многочисленными поездками – часто были для меня более доступны. Во всяком случае, я не собираюсь утверждать, что в социалистических странах нет загрязнения среды различными токсикантами. Насколько мне известно из собственного опыта, в этих странах люди, работая с опасными веществами и применяя их, относятся к этому, как правило, более ответственно, если им хорошо известно, с чем они имеют дело. Мое личное мнение: в условиях социализма есть возможность полностью прекратить загрязнение окружающей среды (говоря это, я вовсе не хотел бы игнорировать усилия западных промышленно развитых стран в этом направлении). Я позволю себе процитировать здесь некоторые места одной из моих прежних публикаций (Eichler, 1969, S. 159):

«Представленная здесь проблематика применения инсектицидов – это школьный пример теневых сторон технического прогресса, светлые стороны которого составляют достойное похвалы достижение человечества... Там, где обнаружены теневые стороны... следует задуматься о том, как их можно было бы устранить... В социалистическом государстве сделать это намного легче, чем при капитализме. Но и в социалистической стране зло может быть побеждено только тогда, когда оно распознано».

В ГДР есть «Закон о культуре использования природных ресурсов» – один из лучших законов такого рода и в международном масштабе; он, в частности, направлен на предотвращение отрицательных последствий применения биоцидов.

В нем говорится: «С веществами (...средствами защиты растений, борьбы с вредителями, ...промышленными отходами и т.п.), вызывающими загрязнение вод и тем самым наносящими ущерб народному хозяйству или вредящими здоровью людей, надлежит обращаться таким образом, чтобы максимально исключить отрицательное влияние этих веществ на природные воды. Как предприятия, так и отдельные граждане обязаны выполнять все относящиеся к этому требования безопасности».

# Яды в нашей пище

Вольфдитрих Эйхлер

## 81. Ответственность биологов

Что означают биоциды в пищевых цепях? Вся эта система настолько сложна, что понять и охватить все взаимосвязи невозможно без участия биолога. Поэтому необходимо привлекать биологов при любом обсуждении всех мероприятий, которые могли бы привести к включению биоцидов в пищевые цепи. Но и биолог не может быть здесь компетентен лишь в силу своих знаний, он должен еще основательно ознакомиться со всеми особенностями данной конкретной ситуации. Ведь не случайно изучение инсектицидов стало отдельной отраслью знания!

Участие биолога в решении эколого-токсикологических вопросов может быть очень многообразным и заключаться не только в изучении пищевых цепей или иных «токсических цепей» и анализе биоценозов. Существенный вклад он вносит и тогда, когда, например, предлагает определенных подопытных животных для испытания различных лекарственных средств. Это специальное направление, однако, еще только начало развиваться, но обещает стать областью, достойной приложения сил биолога.

В связи с проблемой токсикантов окружающей среды на долю биолога выпадает еще одна задача – подбирать объекты для испытания веществ, безвредность которых подвергается сомнению. Царство животных настолько богато потенциальными биоиндикаторами, что их использование невероятно облегчило бы нам овладение сферой токсикантов окружающей среды, если бы мы смогли использовать этих животных надлежащим образом. Это относится не только к проверке лекарственных средств, о которой я уже упоминал, но в конечном итоге и к постановке любого важного вопроса, касающегося токсикантов.

В отношении пестицидов, умышленно вносимых человеком в окружающую среду, мы должны всегда думать о том, что их действие проявляется в биосфере, и поэтому применение должно регулироваться биологом или по крайней мере проводиться под наблюдением биолога. Только биолог в состоянии компетентно решить, должны ли в данном конкретном случае применяться пестициды или же вредные организмы могут быть уничтожены и иным путем. С помощью пестицидов уничтожаются объекты его

исследований, и именно *он* прежде всего должен знать, в чем сложность и проблематика этого способа. Представители других дисциплин могут помогать в этом биологу, не лишая его ни ответственности, ни права окончательно определить степень опасности применения пестицидов; во всех случаях решающее слово должно оставаться за биологом (Eichler, 1964с).

Особая ответственность врача знакома нам с давних пор в форме клятвы Гиппократата. Позже, со времени «Гёттингген-ского обращения», нам стало известно и об особой ответственности физика, сформулированной восемнадцатью физиками-атомниками. Вызванный пестицидами «экологический кризис» делает биолога союзником двух вышеназванных категорий специалистов. *Его* научная позиция обязывает его ощущать свою сопричастность и со-ответственность, использовать свою компетентность и с помощью убедительных аргументов апеллировать к разуму тех людей, которые из-за узости своего кругозора способны натворить бед.

## 82. Тезисы

I. Научно-технический прогресс – замечательная вещь, пока его достижения не подвергают человека опасности и не угрожают его дальнейшему существованию. Химизации нашей жизни присуща тенденция самотека, так что осуществляющие ее лица рискуют утратить осознание разумных границ своей деятельности, стать жертвой ослепления собственными успехами.

II. Было бы благом, если бы химическая промышленность – пусть даже не вся, а хоть какая-то значительная часть ее – смогла переключиться на разработку технологий, не ведущих к загрязнению окружающей природной среды. Яркий пример тому дает шведская промышленность: она много заработала на войне в Корее, но когда война была окончена, она своевременно перестроилась на развитие водоснабжения. В результате сегодня даже самая отдаленная деревня в Швеции имеет водопровод.

При решении таких вопросов не стоит бояться расходов. Там, где речь идет о здоровье человека, эти вопросы все равно придется рано или поздно решать, и чем позднее, тем эта обойдется дороже.

III. Все биологи, так или иначе причастные к борьбе с вредными насекомыми, должны обратить главное внимание на возможные изменения в методах этой борьбы. И следует добиваться того, чтобы все меры по борьбе с вредителями осуществлялись под руководством биологов, призванных сознательно и заинтересованно охранять окружающую среду.

IV. В результате целенаправленной пропаганды и разъяснительной работы широкая общественность должна все лучше понимать, какое значение имеют специальные познания и ответственность биолога для всех областей охраны окружающей нас природной среды. Тогда во всех случаях будут обращаться к биологу, прислушиваться к его мнению, что со своей стороны еще больше поднимет сознание ответственности у него самого. Он будет еще больше стремиться углублять свои знания в этой области, и – как неизбежный эффект обратной связи – в научной работе и учебных программах вузов и академий все большее место должны будут занимать вопросы сохранения среды.

V. Потребитель пищевых продуктов вправе предъявить требование, чтобы нынешняя ситуация с токсикантами окружающей среды была значительно улучшена, и он будет услышан, если будет достаточно настойчив. Он может потребовать:

- 1) чтобы средства массовой информации продолжали широкую просветительную деятельность;
- 2) чтобы ко всем используемым на практике ядохимикатам прилагались хорошо продуманные инструкции по их применению;
- 3) чтобы все продукты продавались в упаковке, не загрязняющей среду;
- 4) чтобы изготавливались преимущественно такие изделия, которые не наносят вреда окружающей среде;
- 5) чтобы сообщалось больше сведений о возможных источниках опасности при потреблении пищевых продуктов.

Например, выяснилось, что в моркови (и других корнеплодах) остатки пестицидов концентрируются в определенных участках. Нужно ли чистить морковь или вырезать определенные места? Разные сорта отличаются в этом отношении друг от друга, так же как и разные биологически активные вещества\*.

---

\* Недавно в ФРГ была выпущена брошюра для домашних хозяек, которая хотя и дает ряд полезных указаний, но не отвечает ни одному из перечисленных требований в деталях.

VI. Потребитель имеет также возможность получать обширные специальные сведения из области охраны окружающей среды путем изучения специальной литературы. Таким образом он мог бы даже получить подготовку для выступлений с докладами на общие или специальные темы. В перспективе было бы особенно желательно, чтобы он смог

оказать своими докладами влияние на молодежь (например, в школах). Молодые люди в целом весьма восприимчивы к человеколюбивым, гуманным идеям. Но они хотят удостовериться в правильности фактов и аргументов. Тогда они на всю жизнь могли бы остаться убежденными сторонниками реформы в области охраны окружающей среды и природы.

Несколько экстравагантной кажется мысль: а что если бы такой проводник идей об охране окружающей среды посадил в своем саду в большом городе ели, а после их гибели прикрепил на них плакат: «Как плох наш воздух – даже ели погибли от удушья!»

VII. Многие соображения, возникшие в связи с миграцией пестицидов по пищевым цепям, еще не получили достаточного обоснования. Но было бы безответственно просто закрыть глаза на пока *достоверно не обоснованные* гипотезы – особенно тогда, когда они кажутся правдоподобными. Моя задача состояла в том, чтобы собрать факты и дать им наиболее вероятную, с моей точки зрения, интерпретацию. Там, где я не был уверен в своей правоте, я приводил и контрдоводы или вообще не касался данной тематики.

### 83. Эпилог

Рэчел Карсон взяла эпиграфом к своей книге «Безмолвная весна» слова Альберта Швейцера: «Человек утратил способность предвидеть и предусматривать. В конце концов он разрушит Землю».

При всем своем уважении к А. Швейцеру я не могу разделить такую позицию и придерживаюсь мнения Вульфа Эмме Анкеля, сформулированного в его речи по случаю присвоения ему памятной медали им. Гёте обербургомистром города Франкфурта-на-Майне 29 апреля 1980 года: «Смирение недостойно человека». Поэтому я выступаю и против позиции К. Мелланби: «надо учиться жить с пестицидами» (man must learn to live with pesticides).

Конечно, это действует удручающе, когда мы анализируем наши познания о ситуации, сложившейся в связи с токсикантами окружающей природной среды. Поэтому Штюрмер (Stürmer) ставит такой вопрос: «А не является ли то, что мы называем прогрессом цивилизации, на самом деле безумием?»...

На сегодня многое сделано в области изучения землетрясений и вулканической деятельности. Но следовало бы попытаться и путем изучения токсикантов окружающей среды отвести от человечества смертельную опасность. *Эту рану* я и описал. Я настроен оптимистически: рану можно вылечить, если ученые, политики и хозяйственники будут