## МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет» Кафедра общей биологии и экологии

## И.С. Белюченко

# ВВЕДЕНИЕ В АНТРОПОГЕННУЮ ЭКОЛОГИЮ

учебное пособие

Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов и слушателей ФПК экологических специальностей высших учебных заведений УДК 504.75(075) ББК 28.081 Б 43

#### Репензенты:

**Л.Я. Морева** – доктор биологических наук, профессор **А.Х. Шеуджен** – заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор

Белюченко И.С. Введение в антропогенную экологию: Учеб. пособие / И.С. Белюченко. — Краснодар, 2011 - 265 с.

#### ISBN 978-5-94672-479-1

Настоящее пособие систематизирует данные о состоянии окружающей среды и давлении на её функционирование. Анализируются наиболее важные аспекты взаимоотношений человека и природы, степень влияния человека на отдельные составляющие природно-хозяйственных систем, а также их ответные реакции. Отдельными разделами рассматриваются реакция человека на изменения в природе, вызванные его собственной деятельностью, проблемы чистоты воздуха, воды, продуктивности почвы, сохранения видового и популяционного разнообразия в различных системах.

Пособие предназначено для изучения основных проблем взаимоотношения человека и природы, а также для практических специалистов по экологической безопасности.

> УДК 504.75 ББК 28.081

ISBN 978-5-94672-479-1

© ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2011

Свой скромный труд посвящаю маленькой, но героической Кубе, где в далекие 60-е годы XX века началось мое становление как эколога

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Жители нашей планеты видят сегодня не однозначный выход из сложившейся ситуации: либо мы создадим устойчиворавновесное сообщество, либо смиримся с глобальной неустойчивостью. Качество жизни будет продолжать падать, поскольку своей деятельностью мы по-прежнему безжалостно загрязняем воду, воздух, землю и ее недра. И не удивительно, что уже на ряду с политическими беженцами возрастает количество экологических – из-за истощения в отдельных регионах почвенных и водных ресурсов.

Сегодня мы владеем солидной научной основой для понимания проблем, возникающих в окружающей среде. Во многих странах приняты взвешенные природоохранные законы, которые, к сожалению, ориентируются главным образом на последствия сложившейся ситуации. В настоящее время целесообразнее переходить к рециклизации отходов и уходить от их накопления, более эффективно использовать солнечную энергию, а не искать дополнительные средства защиты от радиации на атомных станциях и т.д.

Оберегая от вымирания отдельные виды растений и животных, совершенно не обращаем внимания на гибель целых экологических систем и крупных ландшафтов (вырубка лесов, развитие

оползней и т.д.). Попытки сохранить виды или экосистемы, уже противоречащие новым естественным законам и вне определенных систем, практически обречены на провал. Подтверждением этого служит сильное изменение систем, а их широкий экологический диапазон функционирования обусловливается резким и быстрым во времени изменением физического блока (нарастание бытовых, промышленных и радиационных отходов), который, даже с обустроенными по последнему слову техники хранилищами отходов, не в силах хранить эти отходы вечно. При таком хозяйствовании, каким выделяется сегодняшний мир, очень скоро на земле не останется места для обустройства новых свалок.

Большая проблема обусловлена также нарастанием в атмосфере массы углекислого газа, что вызвано чрезмерно высокими нормами сжигания человеком органических веществ (уголь, нефть, газ, древесина и т.д.) и определило повышение температуры на планете. Снизить содержание этого газа можно только за счет нарастания фотосинтеза растений при расширении площадей зеленых насаждений, особенно лесопосадок.

Любые изменения в содержании загрязнителей в почве, воде, воздухе и пищевых продуктах оказывают влияние на здоровье человека и его деятельность. Сегодня загрязнение биосферы проявляется в беспрецедентных масштабах на всей планете. Основные загрязнители окружающей среды представлены химическими веществами (в твердом, жидком или газообразном состоянии), образующимися в качестве побочных продуктов или отходов при добыче и переработке природного сырья или его использовании. Загрязнение среды может иметь место также при выбросах в окружающую среду излишней энергии (например, тепла).

Нередко природоохранное движение населения противопоставляют техническому прогрессу. Правильнее противопоставлять это движение консерватизму, экологической, экономической и технической малограмотности, прежде всего руководителей государства разного уровня. Природоохранное движение нужно направить на решение следующих проблем: 1) развитие сбалансированного сельского хозяйства, сохранение плодородия и качества почвы, чистоты воды и воздуха и, что особенно важно, продуктов питания от загрязнения различными пестицидами, биогенами и т.д.;

2) развитие малоотходных технологий; 3) переход к энергосберегающему жизнеобеспечению населения.

Каждый человек своей деятельностью влияет на природу: ездит на машине, выбрасывает отходы, пашет землю, делает многие виды других работ, которые в определенной степени влияют на окружающую среду. Прежде всего, каждый у себя дома и на работе должен изменить свое отношение к природе: использовать экономичный автомобиль, реутилизировать металл, стекло, макулатуру, компостировать на даче и в огороде срезанные сорняки, остатки пищи и другие органические отходы, и тогда многие его товарищи по коллективу непременно вольются в природоохранное движение и будут участвовать в разработке и пропаганде природоохранных законов. И еще эффективнее будет деятельность тех, кто займется проблемами охраны природы профессионально и посвятит науке о природе свои наиболее активные годы во имя создания на земле устойчивого общества.

Работая в области экологии свыше 50 лет, автор заранее предвидит упреки в свой адрес: перед экологами стоят огромные проблемы, которые необходимо решать, однако не всегда в обществе они смогут найти себе поддержку (найдется немало людей, которые не только не захотят тратить на природу средства, но даже будут мешать этому настолько, что многие из наших учеников пожалеют об избранном ими направлении в жизни). Серьезной проблемой может оказаться также тот факт, что люди по-разному будут оценивать проблему, связанную с загрязнением природы, особенно если им придется выбирать между прибылью и убытком, чистотой природной среды и потерей работы и т.д.

Предлагаемое пособие посвящается воздействию человека на природу и явилось результатом чтения автором курса лекций по антропогенной экологии на ряде факультетов Кубанского госагроуниверситета и на курсах повышения квалификации. При изложении материала автор попытался проанализировать негативные аспекты влияния человека в целом на экосистемы или их составные (входной блок) и реакцию системы (выходной блок) на эти воздействия и насколько эта реакция затрагивает жизненные интересы человека. Курс «Антропогенной экологии» открывает тематику «Экологическое управление регионом», которая является основой

повышения квалификации специалистов сельского хозяйства в области прикладной экологии. По завершении предлагаемого курса специалисты должны научиться решать практические задачи по управлению развитием ландшафтов региона на следующей основе:

- 1. Обобщение предыдущих и текущих характеристик состояния ландшафтов и моделирование их прогностических параметров на основе планирования и реализации экологических и организационно-технических мероприятий.
- 2. Выбор оптимального набора интегральных характеристик ландшафта, позволяющего четко понимать основные функциональные связи между его составляющими.
- 3. Постоянное пополнение и анализ базы данных, включая круговорот веществ, потоков энергии и важнейшую информацию о состоянии ландшафтов на основе ведения многолетнего мониторинга.
- 4. Осуществление экологических экспериментов (мониторинговых, модельных, прогностических) при постоянном изучении основных взаимосвязей составляющих ландшафты блоков;
- 5. Восстановление и поддержание равновесного развития основных ландшафтов и их составляющих.

Буду весьма благодарен всем, кто пришлет пожелания и замечания, направленные на совершенствование предлагаемого пособия. Неоценимую помощь при его подготовке оказала мне доцент кафедры Корунчикова Валентина Васильевна и научный сотрудник кафедры общей биологии и экологии Кубанского ГАУ Новопольцева Людмила Степановна, которым автор выражает искреннюю признательность.

С сегодняшней методологией хозяйственной деятельности мы придем к тому, что нашим детям необходимо будет вернуться на горные скалы, где строителям нечего будет строить, механизаторам нечего будет пахать, агрономам негде будет сеять, экономистам нечего будет считать, а судьям некого будет судить.

# **Часть 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ АНТРОПОГЕННОЙ** ЭКОЛОГИИ

## ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Основные причины возникновения проблем. Наша планета давала в прошлом и предоставляет сегодня многим поколениям ее обитателей, включая и человека, чистый воздух, чистую почву, чистую воду, чистые питательные вещества. С началом промышленной деятельности человек сознательно или бессознательно, но интенсивно и напористо приступил к загрязнению и разрушению биосферы и только на пороге XXI века осознал, что воздух, вода и земля теряют свою способность к восстановлению. Первоначально земледелие, как опора жизни человечества, обеспечивала людей необходимой пищей, не нарушая при этом серьезно законов природы. Но развитие многих современных технических средств, применяемых человеком для производства продукции, обусловило загрязнение воздуха, воды и почвы и явилось основной причиной накопления в организме человека токсинов в различной форме, что вызывает многочисленные заболевания, включая и весьма тяже-

лые, заметно усложняя его жизнь и сокращая её продолжительность.

Известно, что биота различных экосистем составлена большими или меньшими популяциями растений, животных и микроорганизмов, размер и ареал которых определяется конкурентоспособностью (биотический потенциал) и условиями среды (абиотический потенциал). Что касается человека, то здесь мы имеем дело с нарушением равновесия между возможностями биотипа и контролем среды. Начиная с конца XIX века, в связи с улучшением санитарных условий обитания человека, внедрением прививок против ряда эпидемиологических заболеваний, улучшением медицинского обслуживания, питания и т.д., начался бум прироста народонаселения планеты, численность которого резко возросла; весьма заметно нарушилось равновесие между его биотическим и абиотическим потенциалами.

Несмотря на распространение контрацептивов и принятие других мер, численность населения планеты возрастает, поскольку смертность детей снижается, продолжительность жизни увеличивается и в течение длительного времени на большей части территории сохраняется мир. Иными словами, ослабление давления на человека как на вид со стороны среды обитания обусловило волну роста его численности. Напряженность давления среды в значительной степени снята самим человеком, оказавшим воздействие практически на все стороны динамического равновесия между живой природой и условиями его обитания.

Равновесие в экосистеме определяется плотностью составляющих ее популяций различных организмов; при повышении плотности увеличивается число связей и система приобретает большую устойчивость. В отношении самого себя человек своими действиями (внедрение техники, научных разработок и т.д.) создал ситуацию, в которой сложившиеся в природе связи не в полной мере распространяются на него, поскольку многих врагов он убрал со своей дороги. Для удовлетворения своих потребностей человек уничтожает диких животных (прежде всего хищников, ядовитых змей), вырубает леса (строит жилища, сокращает лесные угодья, расширяет посевные площади), широко применяет огромный арсенал пестицидов (хотя их побочные действия трудно предугадать),

без меры вылавливает рыбу, собирает лекарственные растения, стравливает пастбища, вносит огромные массы удобрений и насыщает поверхностные стоки биогенами, загрязняет воду, воздух и почву отходами химического и металлургического производства. Эти и другие действия человека ведут к вымиранию многих видов растений и животных, что в итоге сокращает биоразнообразие на Земле.

Биосистема человека весьма ограничена набором видов, удовлетворяющих его основные потребности. В его систему входят пшеница, картофель, кукуруза, сахарная свекла и некоторые второстепенные культуры (огурцы, томаты, тыква, просо), выращиваемые по монокультурному типу, что дестабилизирует и разрушает различные экосистемы. Чем ограниченнее набор растений, выращиваемых в хозяйстве, тем выше нестабильность природных систем (почвенных, водных и атмосферных).

Поддерживать высокий уровень продуктивности отдельных культур возможно только периодическими процессами сортосмены и сортообновления при обязательном генетическом подпитывании сортов генами диких форм. Применение различных пестицидов, направленное на получение высоких урожаев при уничтожении вредителей, болезней и сорняков, также дестабилизирует развитие природных и агроландшафтных систем. Необходимо разнообразить сортимент сельскохозяйственных культур, совершенствовать систему земледелия, разрабатывать биологические методы борьбы с вредителями и болезнями. Только сохранение биоразнообразия природных систем позволит найти правильное решение в сохранении их устойчивого развития, на что, безусловно, потребуется длительное время.

Каждый из нас может и должен способствовать сохранению природного биоразнообразия. Для этого не следует покупать экзотические растения и животных; необходимо поддерживать работу природоохранных организаций, исполнять природоохранные законы и т.д.

Можем ли мы утверждать, что человек является вершиной эволюционного развития? По всей видимости, нет. Подтверждением этому является образование новых видов организмов и гибель старых. Важнейшим условием жизнеспособности любого вида яв-

ляется его возможность поддерживать равновесное состояние в рамках экосистемы или консорции с особями других видов. Такое равновесие обусловливает активный поток энергии и круговорот веществ. Оценивая с этих позиций место человека в природе, целесообразно подчеркнуть, что созданная им экосистема основана не на равновесии, а на углубляющемся и расширяющемся использовании природных ресурсов (воды, почвы, воздуха, недр). Все это ведет к сокращению биоразнообразия, обеднению генофонда растений и животных.

Климатические условия в мире меняются по космическим причинам и с участием человека, ускоряющего природные изменения в глобальном плане, - через выброс в атмосферу различных загрязнителей, создание ситуации парникового эффекта, кислотных дождей, разрушение озонового слоя и т.д. Ученые считают, что человек ускоряет изменение климата примерно в 40-50 раз, по сравнению с естественными темпами.

Обозревая в целом эволюционное изменение органического мира, можно заключить, что мелкие организмы лучше адаптируются к резким изменениям среды, чем крупные, поскольку они быстрее размножаются и обычно обладают более широким диапазоном наследственности. Сельскохозяйственные культуры отличаются весьма узким диапазоном наследственности вследствие искусственного отбора и весьма уязвимы к любым сколько-нибудь существенным изменениям среды, поэтому и земледелие в целом становится рискованным. Сокращение набора культур и числа их сортов усугубляет это положение. Иными словами, деятельность человека ведет к сокращению биоразнообразия, изменению климата, что, естественно, расшатывает, и весьма существенно, равновесие биосферы, а ее развитие делается неустойчивым. В сложившейся ситуации просматриваются следующие направления в дальнейшем развитии биосферы и её составляющих: 1) разрушение биосферы и вымирание видов с узким экологическим потенциалом и формирование систем с синантропно-рудеральной флорой и фауной; 2) эволюционный взрыв биосферы с образованием новых устойчивых систем; 3) равновесное состояние биосферы на планете на основе интеллектуальной подготовки населения, развития науки и техники.

Некоторые ученые считают, что глобальные изменения на планете происходят раз в 100 млн лет. Если это так, то по состоянию и развитию биосферы мир находится на подходе к 100-миллонному рубежу. Это значит, что через 30-50 лет человек станет очевидцем либо планетарной катастрофы, либо создания стабильной системы благодаря человеку. Поскольку человек познал основные принципы равновесного развития природы, то у него должно хватить разума использовать эти знания для построения цивилизованной человеческой экосистемы. Пока же человек мало благоприятствует развитию природы, а наоборот, тормозит его и больше того - разрушает природные системы.

Проблема сохранения природы является сегодня основной заботой человека. Анализ современного состояния окружающей среды требует нового подхода во всех областях человеческой деятельности. Темпы прогресса человека и естественной эволюции несоизмеримы: человеческое общество прогрессирует такими темпами и с такой быстротой, что необходимо вести речь не только о приспособлении к природе, которая сильно изменяется и даже разрушается в течение жизни одного поколения больше, чем раньше за столетия, но и о планомерной работе по сохранению окружающей среды.

Изучение космоса привело нас к важному выводу: наша Земля уникальна и ограничена в пространстве, а надежды на колонизацию других миров пока не реальны. Человечество осознало относительную замкнутость своего жизненного пространства, и в такой ситуации дальнейшее развитие мира возможно только на путях научно апробированных отношений между человеком и природой, между биотой и экотопом. Если мы хотим достичь гармонии с Природой, то в большинстве случаев нам придется принимать ее условия. Перед природой, определяющей важнейшие законы развития живого на нашей планете, которым подчиняются все организмы на Земле, должен склонить голову и человек.

Сегодня человек обвиняется в том, что он не сумел учесть законы, лежащие в основе экономики природы. Именно поэтому наши взаимоотношения с Природой зашли в тупик. Сокращение площадей из-за строительства городов, дорог, заводов, потери гумуса из-за усиления эрозии, ускоренное сокращение генофонда

растений и животных - все это представляет опасность утраты возобновления мировых ресурсов. Ежегодное образование 83 млрд т органического вещества в мире - это основной капитал человечества. У прироста органического вещества на планете есть свои пределы, определяемые энергией солнца, которая фиксируется поверхностью растений, и эффективностью фотосинтеза. Существует также опасность глобального антропогенного пресса на климат и биосистему планеты.

Основная стратегия человечества сегодня - это на первом этапе остановить падение, а на втором - стабилизировать ситуацию с возобновляемыми ресурсами. Такая стратегия возможна при развитии комплекса естественнонаучных и прикладных Программ, разработанных с целью изучения биосферы или отдельных ее компонентов. Основным координатором здесь выступает экология, интенсивное развитие которой ожидается в XXI веке.

Средства массовой информации (газеты, радио, телевидение, интернет и другие формы) ежедневно забрасывают нас сообщениями о катастрофических ситуациях в том или ином районе мира. Это наводит страх, порождает панику, парализует нашу веру в завтрашний день. Появились сотни лжепророков и мнимых экологов (сегодня в нашей стране каждый второй политик и ... эколог). Если учесть, что экологов в нашей стране готовят многие и не только государственные университеты, то можно представить уровень экологических знаний самопровозглашенных экологов - тут и экономисты, и юристы, и инженеры, и педагоги, и химики, и физики все они ходят по земле и наблюдают живые организмы, и всё им в природе ясно и понятно. Как бы не получилось у нас так, как получилось в свое время с сельским хозяйством, когда все были агрономами и зоотехниками и все учили, как и что выращивать, как кормить и т.д. Будем надеяться, что эпидемия моды на экологию пройдет и в этой области останутся только те, кто глубоко понимает проблемы окружающей среды, и те, кто, в действительности (не ради пропагандистско-политической окраски подвизается в обличье эколога), сопереживая сложности экологической ситуации, стремится ее понять и исправить.

Загрязняются пестицидами, нитратами и токсинами вода, атмосфера, почва и производимая пищевая продукция. Лесам и водо-

емам наносят вред кислотные осадки, эрозия губит почву, формировавшуюся тысячи и тысячи лет. Теплеет климат из-за усиленного выделения в атмосферу парниковых газов (и прежде всего углекислого газа), образующихся при сжигании различных видов топлива; разрушается озоновый слой стратосферы, защищающий Землю от ультрафиолета. Вода загрязняется ядовитыми растворителями. Многие виды растений и животных вымерли и многие находятся на грани вымирания; дикая природа с каждым годом становится беднее видами. Снижается продуктивность земли, а рост населения может привести нас к голоду (примером может служить Эфиопия, Сомали и т.д.).

Иными словами, можно констатировать, что мы в своих отношениях с природой оказались не на лучшем уровне. Наоборот, многие проблемы мы усугубили: обострили деградацию почв, загрязнение водоемов и атмосферы. При продолжении таких отношений мы можем создать условия, при которых жизнь на Земле в недалеком будущем станет невозможной.

Мы хотим иметь чистую воду, чистый воздух, чистую землю, продуктивное сельское хозяйство. Так и было до начала развертывания человеком промышленной эпидемии, когда зачастую не только интересы, но и возможности природы совершенно не брались во внимание. Так продолжалось свыше 200 лет назад. Особенно ситуация усугубилась в последние 40-60 лет в эпоху бурного развития химии, машиностроения, атомной энергетики и т.д. Сегодня мы не можем с уверенностью смотреть в завтрашний день, поскольку многие факты свидетельствуют о том, что наше безрассудное вмешательство в равновесие природы бумерангом бьет по человеку, его генофонду, здоровью, продолжительности жизни, интеллектуальному развитию и т.д. Иными словами, к чему мы стремились, и что мы сегодня имеем — вещи, весьма далекие от реальной ситуации, и их исправить нелегко.

В своих отношениях с природой мы должны уже сегодня изменить свои действия, и самым коренным образом. И тогда можно надеяться, что природа нас не отторгнет, как отторгла уже сотни видов растений и животных на протяжении только одного поколения.

Прежде всего, необходимо менять свои взгляды на проблему. По мере того, как мы поднимаемся в своем развитии, наше восприятие природоохранных проблем постепенно трансформируется. Меняется наше понимание, а за ним меняются действия, направленные на улучшение ситуации, меняются взгляды, меняется и отношение к природе, к целям и задачам, которые ставит человек перед собой, касаясь природы. Если раньше ставили задачу построить дом или улицу, то совершенно не задумывались над тем, как скажется такая деятельность человека на природе. Еще до недавнего времени (до 40-х годов XX века) природа удерживала определенное равновесие, чему способствовало большое пространство нашей страны, относительно небольшое население, сравнительно небольшое строительство и т.д.

Однако, начиная с 40-х годов, когда ускоренными темпами развивалась промышленность, строительство, сельскохозяйственное производство, в целом вмешательство человека в природные комплексы уже не могло проходить бесследно: постепенно накапливались загрязнители в воздухе, воде и почве и, как следствие этого - в различных звеньях пищевых цепей. К 60-м годам в отдельных районах мира с развитой промышленностью начали четко проявляться изменения в природных комплексах (усиление эрозии, накопление в пище нитратов, тяжелых металлов, гибель отдельных видов растений и животных, перестройка экосистем в связи с разрушением болот, лесов, прибрежных эстуариев и т.д.).

Дальнейшее свое отношение к природе мы должны строить с учетом порога устойчивости природных систем, минимализации давления на природные системы через сокращение загрязнения любого уровня. Следует учитывать также, что природные системы из-за хозяйственной деятельности человека все время сокращаются, а времени для установления равновесия в формирующихся новых системах требуется все больше и больше. Однако по некоторым направлениям воздействие человека на природные системы настолько велико, что возврат к прежнему состоянию практически невозможен (например, развитие парникового эффекта, сокращение озонового слоя, загрязнение поверхностных вод, сокращение наземных систем, особенно лесных, и т.д.). Именно этим можно объяснить принятие в 60-е годы во многих странах Законов об ох-

ране природных систем, требующих снижения негативного воздействия человека на природу.

В 60-е годы во многих странах мира сформировались различные общественные региональные, национальные и международные неправительственные организации, основной целью которых была борьба с загрязнением и загрязняющими производствами (типа Greenpeace - зеленый мир). При правительствах образовывались комитеты и министерства по охране окружающей среды (воздуха, воды и земель). Все это оказало существенное влияние на повышение гражданской активности по сохранению природы. Уже в 70-е годы были получены некоторые успокаивающие результаты по сохранению природной среды, в частности, в отношении сокращения загрязнения воздуха и воды. Однако не все проблемы окружающей среды были решены. В этот период весьма четко стали проявляться такие факты загрязнения среды, как кислотные дожди (через их влияние на развитие растительности), зафиксированы случаи разрушения озонового слоя планеты, усиление на планете парникового эффекта через накопление в атмосфере газов (прежде всего, углекислого газа) и т.д.

Общественность проявила колоссальный интерес к природоохранным проблемам бывшего Союза в 80-е годы. Пик природоохранного движения в стране совпал со временем «перестройки», что, кстати, нередко использовалось слишком рьяными политиками с не совсем добрыми намерениями. В этот период во всем мире развернулись исследования по созданию новых технологий, организации специальных служб по контролю за состоянием природной среды. Были созданы научные центры по изучению природоохранных проблем, открыты экологические факультеты в ВУЗах для подготовки специалистов, способных хорошо оценивать весь комплекс проблем и находить оптимальные пути их решения.

Во многих странах был принят целый свод природоохранных законов. Созданы пособия, написаны монографии по различным вопросам экологии, что способствовало профилизации в подготовке кадров в области теоретической и практической экологии. Существенно были улучшены физико-химические методы контроля за состоянием среды, разработаны методы системного анализа природных объектов на основе мониторинговых исследований.

Все это помогло реально оценить нынешнее экологическое состояние планеты как весьма напряженное и показало, что использование человеком основных жизненно важных ресурсов (вода, почва, полезные ископаемые и т.д.) подошло к предельному уровню.

Необходимость перехода на новые Технологии в промышленности, поиска новых источников энергии и т.д. диктуется сегодня тем, что поведение природных систем во многих районах в дальнейшем становится неустойчивым и соответственно непредсказуемым. Лишь весьма существенная перестройка человека не только по его моральному отношению к природе, но и по реальному ослаблению физического, химического и радиационного давления на окружающую среду обусловит переход биосферы в целом на устойчивое развитие.

Если внимательно проанализировать развитие человеческого общества, то нетрудно заметить, что чем выше поднималось человечество в техническом прогрессе, тем меньше оно обращало внимание на природу; чем меньше человек считался с законами природы, тем меньше и меньше он интересовался ее проблемами. До сознания человека даже не доходило, что он все больше становится должником природы. Человек в своих интересах брал у природы всё, что ему было нужно, совершенно не считаясь с тем, что он только брал в долг, ничего не возвращая и ничего не восстанавливая.

2. Нарушение природного равновесия. В последние годы отчетливо проявились симптомы сильного нарушения природного равновесия, длительное время удерживавшего окружающую среду «на плаву»: то в одном месте (гибель отдельных видов растений и животных), то в другом (выпадение кислотных дождей, озоновые дыры) корабль природного контроля и самовосстановления начал давать течь, что, безусловно, не могло не дойти до сознания человека, который, раскачивая лодку природы, готовит себе ту же участь, что постигла десятки тысяч видов живых организмов. Дойдя до такого понимания ситуации, человек стал стремиться изучать основные принципы развития природы и развивать свою деятельность в согласии с этими принципами. Именно это легло в основу выводов Международной конференции по охране природы в Рио-де-Жанейро в 1992

г., пришедшей к заключению, что устойчивое развитие природы сегодня заключается в удовлетворении потребностей человека без вступления его в конфликт с будущим всего комплекса окружающей среды.

Принципы взаимоотношений живых организмов и растений, с одной стороны, и организмов с окружающей средой, с другой, достаточно широко начали изучать еще в начале прошлого века. С легкой руки Э. Геккеля («Всеобщая морфология организмов», 1866) эта наука получила название «экология». Раньше человек считал, что экологические принципы и законы относятся только к диким растениям и диким животным в естественных условиях и что они совершенно не подходят к человеку и его деятельности. И такая точка зрения господствовала практически до середины XX века, когда человек, наконец, понял, что он не является представителем какого-то обособленного сообщества, а служит неотъемлемой частью Большого Организма, именуемого живой Природой.

Область знаний, касающаяся изучения экологических принципов взаимоотношения природы и человеческого общества, обусловливающая его адекватное развитие, выделяется в отдельное направление, именуемое «антропогенной экологией», которая теоретически обосновала нынешнюю ситуацию и дала в руки практики основные подходы и принципы решения проблем по весьма неустойчивому развитию человеческого общества и Природы.

Однако, несмотря на накопленные человеком знания и понимание экологических принципов развития природы и сути возможных решений по ослаблению антропогенного прессинга на природу, способных существенно подвинуть человеческое общество к более устойчивому развитию, тем не менее, сегодня мы еще не наблюдаем практических сдвигов в этом направлении. Каковы же причины такой ситуации? Их несколько: 1) недостаточное понимание серьезности отдельных проблем окружающей среды (парниковый эффект, озоновые дыры и т.д.) правительствами и населением мира в отдельных странах; 2) моральная неподготовленность правительственных и финансовых органов вкладывать средства в природоохранные мероприятия; 3) отсутствие во многих странах четко сформированной системы экологического образования и подготовки специалистов, обладающих глубокими теоретическими

и практическими знаниями; 4) отсутствие эффективной деятельности экологической Программы, в выполнении которой принимал бы участие каждый житель нашей Планеты; 5) наличие, к сожалению, у народа нашего государства, кроме экологических, и других проблем, которые требуют к себе не менее пристального внимания; 6) сохранение у наших планирующих органов старого принципа «брать и не давать», в то время как охрана природы не только не может сразу давать прямую прибыль, но и косвенной отдачи можно ждать через 50-100 лет.

Без глубокой проработки проблемы очень трудно найти оптимальный вариант ее решения. Учебники, монографии, лекции преподавателей в лучшем случае отстают от реальной жизни на 3-5 лет, а в худшем - на 10 лет и больше. Такой временной разрыв между наукой и практикой, особенно в интенсивно развивающихся областях экологии, равносильно действиям слепого, пробирающегося через огромный густой лес. Без серьезного научного анализа отдельных проблем невозможно выбрать оптимальный вариант практической реализации устойчивого развития регионов, стран и т.д. Научный метод базируется на сборе информации путем наблюдения за ситуацией и разработки на этой основе гипотез и теорий, которые послужат уже для решения практических задач.

Как известно, основным поворотом в развитии человечества явилось зарождение сельского хозяйства примерно около 15 тыс. лет тому назад. Человек добился больших результатов в организации таких пищевых цепей, которые позволили ему достичь благополучия. Правда, этот период был недолговечным, поскольку человек не смог учесть широту и глубину взаимосвязей в природных экосистемах и, тем самым изменил их состояние. Именно этими причинами и объясняются экологические проблемы сегодняшнего дня.

Свыше 200 лет назад был установлен закон сохранения массы. Тем не менее, этот закон используется человеком так, будто одни вещества постоянно формируются в одном месте и полностью обезвреживаются (становятся безопасными) в другом, хотя хорошо известно, что экосистемы используют ресурсы из отходов в результате круговорота отдельных элементов. Этим объясняется тот факт, что водные системы (речки, реки, озера, лиманы) стремительно разрушаются из-за интенсивного поступления в них органических веществ, нитратов, фосфатов и других активных биогенов. Например, запасы фосфатов в мире велики, но они не бесконечны. Заводы производят сначала размолотый материал из апатитов, а затем с помощью серной кислоты добывают экстракционную фосфорную кислоту, сложные минеральные удобрения аммофос, жидкие комплексные удобрения, кормовые обесфторенные фосфаты, при производстве которых в воздухе выбрасываются пары соляной кислоты, пыль серы элементной, сероводород, диоксид азота, оксиды углерода, тяжелые металлы, фосфорные и фтористые соединения. На 1 т произведенных фосфорных удобрений в природе остается балласт 4,3-4,5 т в виде фосфогипса, использование которого в последние годы в сельском хозяйстве значительно расширилось.

Человек вносит на поля удобрения с целью повышения урожая сельхозкультур, спокойно отправляет продукты своей жизнедеятельности (отходы, остатки пищи и т.д.) в бытовые стоки и дальше в водоемы. Обратно на сушу возвращается очень мало фосфора. Безусловно, такие системы не могут быть устойчивыми.

Аналогичная картина складывается и с другими веществами, что ведет к истощению ресурсов в одном месте и загрязнению окружающей среды в другом. Следует добавить также, что некоторые элементы являются крайне токсичными и их высокая концентрация в отдельных регионах может быть небезопасной для человека.

Применение термических методов при добыче полезных ископаемых, промораживание или разогрев грунтов в строительстве, механическое воздействие на горные породы (направленные взрывы и т.д.). создание обширных водохранилищ, откачка флюидов (нефти, газа, рассолов) из глубоких коллекторов и другие вмешательства человека усиливали землетрясения, осыпи, обвалы, оползни и т.д. Число разрушительных землетрясений резко сократились после 1989 г. (прекращение ядерных испытаний), и до 1962 г. (начало ядерных испытаний) они случались реже. С определенным допуском можно говорить о возможности минимизации экономического ущерба и катастроф через возможность управления площадью конкретных территорий. Причиной усиления сейсмиче-

ской активности в Восточном Средиземноморье, входящем в активную зону Альпийской складчатости, некоторые авторы считают массированные бомбардировки авиацией НАТО в первой половине 1999 г. территории Югославии (Жигалин и др., 2003). Сходная картина отмечена при анализе сейсмопроявлений западных районов Памиро-Гиндукушской зоны складчатости в Афганистане, где примерно через 5 месяцев после мощных бомбардировок горных районов авиацией США регистрируются мощные землетрясения; землетрясения несколько позже произошли в Иране и Пакистане. При откачке нефти и газа сейсмоактивность проявляется через 15-30 лет (Нефтегорск, 1995); бомбардировки вызывают землетрясения через 5-6 месяцев и т.д. (Жигалин и др., 2003).

В городах и поселках Украины насчитывается около 20 тыс. оползневых участков, наносящих большой материальный ущерб, а нередко вызывающих и гибель людей (Артеменко, Бычков, 2003). Оползни возникают при освоении территорий под строительство в грунтах различного минералогического состава при крутых и пологих склонах, вызываются природными и техногенными факторами, а чаще возникают от совместного воздействия на склоновые грунты. Важнейшим фактором возникновения оползней является вода, отличающаяся специфичными свойствами благодаря своим водородным связям. Снижение риска возникновения оползней возможно на основе увеличения прочности грунтов и устойчивости склонов техническими средствами (ливневые коллекторы, перехват поверхностного стока канавами и лотками и т. д.) и агролесомелиоративными (посадка деревьев, кустарников и т. д.)

На нашей планете человек стал величайшей экологической силой (Вернадский), в XX веке расширил количество производимых им металлов, синтетических волокон и т. д., которые природе неизвестны и даже ей вредны. Подавляющее число опухолевых заболеваний напрямую связано с изменением окружающей среды; в роли канцерогенов выступают многие вещества и даже медикаменты (Горелов, 2005). Загрязнения природной среды явились причиной появления новых заболеваний (болезнь Минамата вызывается метилртутью, болезнь «итай-итай» - кадмием и т.д.). Жители мегаполисов вдыхают токсичных веществ в несколько раз больше ПДК. Почвы либо заилены, или сильно эродированы, или

переувлажнены, или перенасыщены ядохимикатами. Радиационный уровень и шумовой фон повышены.

В северном Таджикистане (строительство, прокладка дорог и т.д.) в долине реки Зеравшан весьма активно развиваются оползневые и селевые процессы; оползневые массы попадают в реки и образуют запруды, являющиеся источниками формирования селевых потоков (Болагаева, 2003).

Освоение горных и предгорных территорий, как правило, оказывает негативное давление человека на окружающую среду (Кожогулов, Никольская, 2003). Внедрение человека в горные ландшафты вызывает развитие оползневых склоновых процессов. К локальным причинам нарушения устойчивости горных систем относятся метеорологические, а также состояние склонов и деформационные свойства горных пород, к региональным - геологическое строение территории, свойства пород, геоморфология, движение коры, тектоника, сейсмичность, климат. Экологическая ситуация в мире постоянно ухудшается.

Сложнейшей жизненной проблемой современности является предотвращение экологической катастрофы и подержание экологического равновесия в биосфере. Проблемы бессмысленных войн рано или поздно решаются, разрешаются проблемы с голодом и болезнями и с другими негативными временными явлениями, происходящими в сообществе людей. Неотвратимы и стихийные катаклизмы, которые проявляются эпизодически и захватывают, как правило, ограниченные территории и глобального масштаба не приобретают (Первушин, 1997).

Проблема подержания экологического равновесия и предотвращение глобальной экологической катастрофы на Земле сегодня остро, как никогда ранее, стоит перед человечеством. Решение этой проблемы - это сохранение существования на Земле человека, менталитет которого ограничен в основном собственными интересами сегодня и сейчас и ложным представлением о том, что потенциал природных ресурсов (воздух, вода, растительность, почва, природные богатства) неограничен (по крайней мере, на его век хватит), и потому отношение человека к окружающей среде и ресурсам иждивенческое, бесхозное, хищническое, абсолютно безграмотное, а его методы хозяйствования подпадают под определе-

ние английского философа XVII века Ф. Бэкона как технический волюнтаризм. Это ярко проявилось особенно во второй половине 20 века, когда до человека дошло понимание опасности его существования, но он оказался абсолютно неспособным даже приостановить, а не то что стабилизировать состояние природной среды, а она разрушается весьма активно.

Каковы основные симптомы и причины нарастания экологической угрозы?

- 1. Массовое загрязнение биосферы и отравление среды обитания живых организмов.
- 2. Разбазаривание природных ресурсов, используемых человеком весьма нерадиво для удовлетворения физиологических потребностей.
- 3. Увеличение численности населения и усиление нагрузки во всех направлениях на природную среду.

Борьба с разрушением окружающей среда велась в XX веке, ведется у нас в стране и сейчас, но в большинстве районов без особого изменения технологии производства и в основном с потребительским подходом в отношениях с природой. Предпринимаемые меры по сохранению природной среды замедляли разрушительные процессы, но порождающих их причин не устраняли.

Важную, если не основную, роль в решении проблемы существования человечества играет способ технологического производства, предопределяемый техническим прогрессом, с одной стороны, и степенью экологичности мышления человека, с другой, включая сохранение природной биоты. Сопряженность таких подходов наряду с развитием интенсивного производства (в противовес экстенсивному) будет способствовать снижению загрязнения окружающей среды, ее стабилизации, улучшению развития условий для повышения продуктивности ландшафтных систем. Экстенсивные формы хозяйствования определили путь развития биосферы в никуда - к катастрофе. На сельскохозяйственном поле следует ориентироваться на биологические (экологические) системы земледелия, что будет способствовать снижению загрязнения окружающей среды и сохранению важнейшего богатства биосферы - почвенного покрова, а значит, и растительности.

Актуальной задачей всех государств мира сегодня является постоянные усилия по противодействию катастрофам, по исключению или смягчению причин их возникновения и проявления. Борьба с катастрофами, управление их рисками - очень сложная и первоочередная задача государственной и общественной деятельности (Вишняков и др., 1999).

Примеры и причины масштабного кризиса в прошлом можно найти в античном Средиземноморье: вырубка и почти полное уничтожение лесов, выращивание монокультур в сельском хозяйстве, вытаптывание пастбищ на склонах гор, добыча камня и руд, военные междоусобицы.

На начальном этапе любых преобразований, характерных сегодня для нашей страны, проблемы кризиса являются приоритетными вследствие глубинных процессов переоценки ценностей, формирования новых структур и изменений интеллектуального потенциала общества. Взятые по отдельности технологический, научный, технический и экономический потенциалы не могут эффективно решать проблемы кризисов в рамках настоящего времени с учетом перспектив развития страны. У российского общества есть большие возможности, но желания и государственной воли к решению затяжных проблем системного кризиса, в который ввергли Россию ее недальновидные перестройщики, нет и в ближайшей перспективе не предвидится, поскольку ни прогнозно-системных разработок, ни четкой и ясной программы развития страны, понятной всему населению, нет, и в ближайшей перспективе они вряд ли появятся, и потому невозможно выработать действия по упрощению конфликтов, кризисных ситуаций в обществе и в отношениях человека и природы. Отношения сегодня к природе потребительское и не более, а потому следуют природные катастрофы и разрушения.

- **3.** *Глобальные проблемы окружающей среды.* Среди наиболее важных процессов следует выделить следующие:
- превышение уровнем потребления первичной биологической продукции;
  - концентрация в атмосфере парниковых газов;
  - сокращение площадей лесов опустынивание;
  - деградация сельскохозяйственных земель;

- повышение уровня океана;
- исчезновение многих видов животных и растений (сокращение биоразнообразия);
  - качественное изменение вод суши в худшую сторону;
- накопление поллютантов в средах и организмах, миграция загрязнителей по пищевым сетям;
  - ухудшение условий проживания людей.

Проявления деформации социальной среды:

- урбанизация (70% населения живет в городах), утрачиваются природные анклавы, селенья и этнические связи, снижается защищенность человека и т.д.;
- диспропорции доходов между группами, вызванные экономикой;
- не рациональность массового поведения: деградация морали и нравственности, жестокость, насилие и т.д.

Всякий раз, когда условия среды существенно менялись, возникала катастрофа, которая не всегда связывалась с осознанием гибели. Динозавры вымерли, а млекопитающие расширили свое пространство благодаря эволюции. Катастрофы не являются основным механизмом развития, но, тем не менее, они имеют место в эволюции биосферы, а также в развитии человеческого общества. Для сохранения биосферы и предотвращения ее катастрофы каждый человек должен приложить максимум усилий, чтобы не допустить такого исхода.

Катастрофы, как прошлого, так и настоящего, представляют собой проверку для людей: испытание характера групп, коллективов, наций, эффективность всех специальных институтов. Катастрофы показывают, что не всегда представители власти способны выполнять руководящую функцию в обществе. Вполне возможно представить себе общество без политиков, капиталистов, но трудно без специалистов-профессионалов. Например, жители Средиземноморья легко пережили гибель столиц - Ниневии, Вавилона, Карфагена, но не пережили уничтожение оросительных систем при нападении арабов на Ливию и Алжир и монголов на Ближний Восток. Если в обществе складывается специализированная (профессиональная) каста по направлениям развития страны, то она держит и укрепляет общество; в противном случае, когда приходят к

власти демагоги, природные издержки обостряются и превращаются в мощные региональные и даже межрегиональные катастрофы.

Ландшафты разных уровней на протяжении всего периода существования биосферы подвергались существенному давлению как абиотических факторов (температура, дожди, солнечная радиация и другие природные проявления), так и биотических (гибель одних таксонов и появление других, смена растительных формаций и природных растительных и климатических зон и т.д.). Но наиболее мощной деградации биосферные биоценозы были подвергнуты с появлением человека и развертыванием его хозяйственной деятельности, в процессе которой он преобразовал биоценозы в нужном ему направлении, а многие уничтожил.

Для объективной оценки состояния региональных и местных ландшафтов необходимо создать Целостный банк информации, отражающий основные направления развития систем. Территория Краснодарского края занята следующими биоценозами: суша, в том числе агроценозы, леса, пастбища, водохранилища, реки, озера и т.д. Большие территории заняты городами, станицами, дорогами, санаториями, домами отдыха и т.д. Ежегодно из недр края извлекают большое количество стройматериалов, нефти, газа, воды. В сельскохозяйственном производстве ежегодно огромный объем почвы переворачивается при вспашке. Превышая по интенсивности природные процессы, в реки и озера, в почву и в море поступают такие загрязнители, как азот, медь, свинец, цинк, а также нефть, пестициды, органические загрязнители. На январь 2006 г. в крае имелось 500 тыс. коров, а также свиней, овец, кур. Численность диких млекопитающих сравнительно меньше, чем домашних. Домашний скот фактически вытеснил диких сородичей. Обычным явлением считается уничтожение растительности пасушимися животными.

Значительную часть территории края занимают посевы сельскохозяйственных культур. Площадь лесов, особенно продуктивных, за последние десятилетия заметно уменьшилась: речные берега, особенно в степных зонах, обезлесены или на всем протяжении стока, или в его нижней равнинной части.

В крае произрастает более 3000 видов растений, а в культуру введено всего около 100. Диких животных насчитывается около 40 видов, а основную продукцию мяса дают всего несколько видов млекопитающих. В водоемах края обитает около 100 видов рыб, но лишь единицы из них составляют основу промысла или разведения.

В XX веке на территории края (особенно в его второй половине) исчезло несколько видов птиц в связи с интенсивным применением пестицидов и минеральных удобрений. Истреблению животных и птиц способствует техника и особенно автомашины на дорогах. По весьма скромным подсчетам, в год от столкновения с автомашинами в крае погибает до 1,5 млн птиц. Дикие животные и птицы в большом количестве гибнут от браконьеров, травятся на мусорных свалках.

Социальные неурядицы в обществе также отражаются на состоянии популяций растений и животных. При снижении жизненного уровня населения увеличивается сбор дикорастущих и лекарственных растений, усиливается истребление диких животных, птиц и рыб. Растительность лесов, особенно древесная, преднамеренно уничтожается: одним сословием для топлива, а торгашами – для выгоды. Массовое вторжение человека в растительные сообщества разрушает важнейшие системы локальных и региональных ландшафтов – биопродукционную и регуляторную. Передвижение техники по суше (машины, трактора, комбайны и т.д.), по водным системам (лодки, корабли) и по воздуху (самолеты) нарушает структуру ландшафтных систем, разрушает на больших площадях поверхностный продуктивный слой почвы, изменяет состав приземного воздуха, качество и состав поверхностных вод. Многие авторы отмечают повышение температуры в атмосфере и гидросфере (Будыко и др., 1986).

Для выхода из кризиса исследователю необходимо определиться по четырем позициям: желаемая цель, возможные пути к цели, скорость движения к цели и «стоимость» этой цели (Константиновская, 2001). Игнорировать приведенные истины значит сотворить непоправимую ошибку. Среди ошибок следует назвать разрушение гор, строительство плотин и ряда других сооружений, нарушающих естественное состояние природы. Развернули реку

Кубань, построили плотины, перегородив сток степных рек, распахали поймы горных рек; к чему это привело — известно всем. Захоронили пестициды в Крымском районе - заложили бомбу под всю дельтовую зону реки Кубань и восточную часть Азовского моря. Весьма опасно захоронение бытовых и промышленных отходов и сбросов в подземных пустотах; отрицательную роль играют выбросы в атмосферу: они ведут, в частности, к потеплению климата. Изменения средних показателей темпера туры, давления, влажности, число электрических зарядов в атмосфере составляют примерно 20%, и это ведет к существенной патологии организмов и даже их гибели.

Крупные лесные пожары являются катастрофами, и вследствие резкого изменения температурного градиента на значительно большей территории, что занимает сам пожар, он ведет к гибели или снижению численности популяций высших и низших растений, крупных животных и насекомых, засорению и загрязнению атмосферы в течение продолжительного времени (Никаноров, Хоружая, 2003; Соколова, Тетеряшникова, 2003).

В фитоценозах, разрушенных пожаром, заметна тенденция замещения реликтовых и стенотопных видов эвритопными (Ботрушко и др., 2002). Пожары и другие формы давления человека обусловливают упрощение видового состава сообществ, часто ведут к снижению устойчивости фитоценозов и в целом экосистем, снижению генетической разнородности эндемиков и реликтов, раздроблению популяций растений и животных и усилению их изоляции, снижению численности и размеров популяций дикорастущих видов, что снижает генетическое разнообразие. В силу вынужденной конвергенции растительности наблюдается сближение характеристик наземных позвоночных животных, обитавших ранее на различных по географическим условиям участках: процессы идут в сторону упрощения экологических комплексов, а складывающиеся антропогенные сообщества животных распадаются на изоляты и со временем вымирают, не в состоянии реализовать свой адаптивный потенциал, что связано со скоростью и масштабностью патогенных процессов в горных условиях края.

Заложенные в растительном и животном мире горных ланд-шафтов предпосылки биологического разнообразия обусловлены

прежде всего ландшафтной неоднородностью, а также выровненной влажностью в течение года и особыми природными условиями бассейна Черного моря и его рек, но в полной мере не могут проявиться под натиском комплексного антропогенного давления (вырубка лесов, распашка пойм и равнин речных бассейнов, высокая концентрация населения, охота на диких животных, пожары, прокладка разного рода трубопроводов с выходом к Черному морю и ряд других). Антропогенное давление начинает превалировать над эволюционным потенциалом сложившихся горных ландшафтов, что разрушает исторически генетические мосты между экосистемами, которые обеспечивали беспрерывный обмен генофондом между компонентами экосистем.

Многие компоненты начинают выпадать из состава ландшафтов, что ведет к снижению устойчивости последних к внешним факторам и их переходу на более низкий уровень организации в связи с их функциональным упрощением из-за снижения биологического разнообразия. Единичные, малочисленные, экологически значимые и хозяйственно ценные виды в зоокомплексах заменяются фоновыми, эвритопными, синантропными. Устойчивость таких комплексов резко колеблется, и стабильность их невысокая вследствие снижения генетической разнородности популяций при одновременном нарастании степени пространственной и генетической изоляции.

Антропогенное давление сильно сказывается на популяциях птиц: уничтожаются их кладки, гнезда, растительный покров как их защита и часто источник пищи. Анализ антропогенных последствий указывает на целесообразность разработки комплекса тактических и стратегических мероприятий, направленных на нейтрализацию давления человека на ландшафты и их биологическое разнообразие. Основным является сохранение биоразнообразия, изменение природопользовательской политики в направлении развития экологически адаптированного хозяйствования и повышения общей культуры природопользования.

Чаше всего человек вызывает микрокатастрофы, которые создают затем для него всё больше неприятных последствий. Человек завез кроликов в Австралию, мильдью на посадки винограда на Кубани, колорадского жука в Европу и т. д. Размножение ново-

явленных вселенцев в новых условиях обеспечивает проблемы человеку на долгие годы. На термический режим биосферы большое влияние оказывает снежный и ледяной покров (Бутыко и др., 1986), концентрация углекислого газа в атмосфере, её прозрачность и т.д.

Локальные климатические катастрофы чаще связаны с изменениями погоды, чем с колебаниями климата. Например, крупные засухи, охватывающие территории во многие сотни и тысячи километров, вызывают гибель многих растений в естественных сообществах и полевых сельхозкультур; на этих территориях погибают и многие животные или переселяются в другие места; нередко засухи вызывали гибель людей, особенно с возникновением эпидемий. Хорошо известны катастрофические засухи в пустынях Сахара (Северная Африка), Калахари - Намиб (Южная Африка).

Локальные катастрофы в ряде случаев весьма негативно сказываются в целом на развитие сообществ животных и растений, но они редко являются причиной их полного вымирания, что связано со способностью многих живых организмов быстро восстанавливать численность своих популяций и возможностью их сохранения в более благоприятных анклавах. Но в случае, когда популяции или виды еще до возникновения катастроф были малочисленны либо находились на грани гибели и занимали небольшие территории, они могут погибнуть.

Существование всех экосистем на нашей планете определяется в основном поступлением на землю солнечной энергии. Долгое время для облегчения своего бытия человек использовал энергию воды, ветра, животных, которые в свою очередь являются косвенными агентами солнца. Энергетические запасы планеты, накопленные за сотни миллионов лет, используются человеком всего 250-300 лет, но уже многие из них подходят к полному истощению. Внедрение в последние 40-50 лет атомной энергетики обусловило целый ряд трудноразрешимых и весьма затратных проблем (строительство АС, захоронение отходов), а также увеличило вероятность загрязнения окружающей среды радиацией. Иными словами, попытки заменить пока что неистощимую энергию солнца на другие виды энергии чреваты в складывающихся биосферных системах определенными осложнениями для человека.

Увеличение населения на планете в последние годы резко возросло и продолжает увеличиваться до 90 млн ежегодно. Необходимым ингредиентом рациона для человека является мясо, а значит, в структуре большинства консорций человек находится в третьем концентре. Для получения 1 кг мяса расходуется до 15 кг зерна и больше. Можно представить, какие затраты должно нести сельское хозяйство, чтобы произвести такое количество зерна, которое бы обеспечило все население земли мясом.

По предварительным оценкам посевные площади в мире необходимо увеличить примерно в 10-12 раз (с учетом сегодняшнего уровня продуктивности). Однако следует иметь в виду, что при заметном приросте населения в мире достаточно четко просматривается постепенное (и постоянное) снижение плодородия почвы. Иными словами, положение в мировом сельском хозяйстве сложное, и необходимо искать выходы из складывающейся ситуации. На наш взгляд, наиболее важен переход в земледелии на органические технологии с минимальным применением минеральных удобрений и с полным исключением гербицидов и других пестицидов (опыт внедрения таких систем есть в Японии и США); формирование небольших водных систем со сбалансированным вещественно-энергетическим приходом и расходом и т.д.

Таким образом, проверить экологическую теорию можно только на основе создания действующих систем, способных рециклизировать вовлеченные в их орбиту дополнительные элементы, а также эффективнее использовать солнечную энергию. В некоторых странах с большим или меньшим успехом начинают использовать бытовые отходы и стоки, хотя до полной их рециклизации еще далеко. На большей части планеты еще давлеет экологическое невежество и непонимание проблем, и потому многие страны идут сегодня пока по пути неустойчивого развития. Безусловно, хотелось бы быстрее сдвинуть с мертвой точки решение этих проблем, для чего необходимо: 1) разработать и внедрить широкую систему экологического образования, 2) совершенствовать технологии, 3) стимулировать менее отходные технологии производства, 4) восстанавливать почвенное плодородие, 5) совершенствовать методы использования солнечной энергии и т.д.

Через всю работу мы пытаемся провести именно положение о важности равновесного развития систем, их устойчивости и широте экологического потенциала. Все проблемы неустойчивого развития экосистем обусловливаются в основном неразумной человеческой деятельностью, вызвавшей сильное загрязнение производственных зон и территорий вокруг них, где концентрируются большие количества загрязнителей в относительно небольших объемах почвы, воды и воздуха или разносятся ветром и водой. Очень серьезным источником загрязнения природных ресурсов является сельское хозяйство: частицы почвы, удобрения всех типов, пестициды и отходы животноводства вымываются поверхностными водами или инфильтруются, отравляя подземные воды и загрязняя почву на значительном расстоянии от источника загрязнения. Основные проблемы жизнедеятельности человека в современных условиях и составляют основу настоящего учебного пособия.

### ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БЛОКОВ ЭКОСИСТЕМ

1. Общие проблемы развития экосистем. Природа нашей планеты, составной частью которой является и человек, включает в себя неорганический (недра, земля, воздух, вода) и органический блоки (растения, животные, человек), до недавнего времени (еще каких-то 400-500 лет назад) развивалась весьма динамично, по сво-им законам, поддерживая равновесие и устойчивость между всеми своими частями. Устойчивое равновесное развитие природы продолжалось до тех пор, пока предки Homo sapiens (человек разумный) не начали изготавливать копья, стрелы (с заостренными наконечниками из камня) для охоты на животных, а также примитивные орудия для обработки земли (этот период начался 10-12 тысяч лет назад). Влияние человека с этого времени на окружающую среду стало заметнее.

Еще большее влияние на природу оказало развитие торговых связей между городом и селом (примерно 5,0-5,5 тыс. лет назад). Но самое сильное воздействие на природу стал оказывать человек с наступлением эпохи изобретения машин, строительства фабрик и заводов (примерно 300 лет назад) и развитием промышленной цивилизации. И естественно, что влияние промышленного развития на природу и прежде всего на жизнеобеспечивающие условия и ресурсы человека в настоящее время практически не снижается. Остановимся на характеристике основных ресурсных компонентов природного комплекса, испытывающих на себе сильнейшее давление антропогенного пресса.

В окружающую среду тяжелые металлы (ТМ) поступают естественным и техногенным путем. В атмосфере ТМ в виде органических и неорганических соединений присутствуют в составе пыли и

аэрозолей и в газообразной форме (например, пары ртути). Из атмосферы ТМ вымываются осадками и осаждаются на земную поверхность.

В почвах содержание тяжелых металлов определяется окислительно-восстановительными и кислотно-основными свойствами, водно-тепловым режимом и геохимическим фоном территории; значительная их часть содержится в водорастворимой, ионообменной и слабо адсорбированной формах.

В водной среде ТМ присутствуют во взвешенной, коллоидной и растворенной формах. В растворенной форме представлены в основном свободными ионами, а также комплексными органическими и неорганическими соединениями (преобладает галогениды, сульфаты, фосфаты, карбонаты, гуминовые и фульвокислоты). Большая часть ТМ переносится поверхностными водами во взвешенном состоянии и в водных системах скапливается в основном в природных слоях и в биоте; в водной среде ТМ остаются в небольших концентрациях (так, содержание ртути колеблется от 1 до 10%).

В растениях, животных, в пищевых продуктах поведение тяжелых металлов наиболее непредсказуемо: они могут сильно влиять друг на друга, иногда наблюдается суммирование эффектов (синергизм), в других случаях — нейтрализация, в третьих — замена одного элемента другим из-за их химического родства и т.п. Например, совместное влияние цинка и меди в 5 раз более токсично их автономного воздействия; цинк и кадмий тоже действуют аддитивно совместно; кальций и стронций, бериллий и магний — пары элементовантагонистов.

Биологическая роль тяжелых металлов в объектах окружающей среды изучена недостаточно, используется в основном их нейтронно-активационный анализ. Наиболее токсичны Pb, Hg, Cd,Zn, Se, Mo, In, Te.

2. Воздух. Смесь газов, составляющих земную атмосферу, называют воздухом, который содержится также в почве и природной воде, оказывает физическое и химическое действие (наряду с водой) на земную кору, стимулируя важнейшие геологические процессы на ее поверхности (например, выветривание). Воздух включает свыше 10 элементов, но его основу составляют азот (по объему занимает свыше 78%, а по массе свыше 75,5%) и кислород (по объему - при-

мерно 21% и по массе свыше 23%); далее следуют аргон (около 1%) и углекислый газ (около 0,03%). В природе постоянно совершается круговорот азота и кислорода, поддерживающих постоянство состава атмосферного воздуха. Промышленным способом из воздуха получают азот, кислород, аргон, криптон, ксенон, неон и гелий. Кроме газов в воздухе содержится в малых количествах водяной пар. В помещениях вблизи предприятий и в городах доля кислорода в воздухе падает и возрастает доля углекислого газа.

Воздух интенсивно расходуется в производственных процессах: при получении из него отдельных химических элементов, при производстве проката (на 1 т проката требуется 16 тыс.  $m^3$  воздуха), меди (на 1 т меди расходуется 57 тыс.  $m^3$  воздуха) и т.д.

Воздух широко представлен в порах и пустотах почвы, не занятых водой. Вследствие почвенных биохимических процессов воздух почвы отличается от состава атмосферного воздуха (в нем более высокая доля углекислого газа). Между почвенным воздухом и атмосферным идет постоянный газообмен (аэрация почвы), в результате которого происходит обогащение почвенного воздуха кислородом, а приземного слоя воздуха - углекислотой.

3. Вода. На нашей планете около 70% поверхности покрыто морями и океанами, но основная масса воды соленая, и поэтому большинство организмов суши не может ее использовать. Используется вода с содержанием солей менее 0,01%, но такой воды меньше 1% от её мировых запасов. Если учесть, что человечество относится к воде и ее использованию без уважения и экономии, то можно себе представить недалекое будущее и самого человечества.

Вода на земле, переочищаясь, совершает постоянный круговорот и представлена тремя формами: твердой (лед, снег), жидкой (вода) и газообразной (водяной пар). Указанные состояния воды являются итогом различных взаимодействий между ее молекулами, которые испытывают на себе действие: 1) сил слабого взаимодействия, возникающих из-за притяжения атома водорода одной молекулы атомами кислорода другой (водородная связь), что удерживает молекулы воды вместе в виде определенной структуры; 2) сил кинетической энергии колебательного движения, присущих всем атомам и молекулам, стремящимся разделить молекулы воды.

Физическое состояние воды зависит от соотношения между водородной связью и кинетической энергией молекул: водородная связь по силе постоянна, а кинетическая зависит от температуры (с увеличением температуры кинетическая энергия повышается). При минусовой температуре кинетическая сила молекул низкая и молекулы замирают в определенном порядке, образуя кристаллы - лед или снег. С повышением температуры возрастает кинетическая энергия, расшатывается структура воды и идет оттаивание снега и льда. Если водородная связь рушится в одном месте, то в другом она возникает, и молекулы удерживаются вместе, образуя жидкое состояние. При кипении воды кинетическая энергия настолько возрастает, что рвет водородные связи. В этом случае молекулы воды теряют связь друг с другом, переходя в свободном состоянии в воздух (происходит испарение воды). Молекулы воды образуют водяной пар в воздухе, количество которого измеряется как влажность.

Все процессы, определяющие изменение состояния воды, обратимы. Процесс, противоположный испарению, - это конденсация водяных паров. При понижении температуры кинетическая энергия ослабевает и дипольные молекулы воды встречаются в воздухе и снова объединяются водородной связью; при низкой температуре водяной пар может перейти в твердое состояние - иней (это наблюдается в природе и в холодильнике). Отмеченные изменения состояния воды определяют ее круговорот в природе: водяной пар уходит в атмосферу, где конденсируется и выпадает в виде осадков на землю.

Основная масса водяных паров в атмосферу поступает с поверхности океана; испаряется вода также с поверхности озер, лиманов, рек и т.д.; значительное количество водяных паров поступает в результате эвапотранспирации (испарение с поверхности почвы + транспирация растений). Возможная влажность воздуха очень сильно зависит от температуры, и поэтому измеряют относительную влажность - количество пара (по сравнению с его максимальным количеством), содержащееся в воздухе при данной температуре и выраженное в процентах.

Чем выше температура воздуха, тем больше водяных паров он удерживает, и наоборот, чем холоднее воздух, тем меньше он содержит водяных паров. При остужении максимально насыщенного

водяным паром воздуха вода концентрируется, а ее молекулы объединяются в капельки (запотевает стекло в комнате, в машине, образуется роса на листьях и т.д.). В атмосфере вода конденсируется на частичках пыли с образованием облаков и тумана; при образовании крупных капелек (или кристаллов льда при низкой температуре) выпадает дождь или снег.

Распределение осадков на Земле колеблется в год от 0 (район Икике, Перу) до 11 м (Чарапунджи, Индия) и определяется движением в атмосфере теплого и холодного воздуха. Поднимаясь в атмосферу, воздух остывает, и наибольшие осадки выпадают при восходящих потоках в атмосфере. Если воздух опускается или остается на месте, то он нагревается. В местах, где преобладают нисходящие потоки воздуха или воздух неподвижен, осадков выпадает мало. Если воздушные потоки поднимаются и опускаются, то выпадение осадков неравномерное и прерывистое. Условно можно выделить два варианта: 1) образование относительно постоянных восходящих потоков воздуха, дающих много осадков, и 2) образование нисходящих потоков воздуха, дающих мало осадков.

Наиболее интенсивно земля нагревается в экваториальных районах, где солнечные лучи падают почти под прямым углом. Воздух нагревается от теплой земли, расширяется и поднимается вверх в атмосферу, где остывает, поскольку низкое давление способствует большему расширению воздуха, отдающего тепло. Остывший воздух теряет способность удерживать огромные массы водяного пара, что вызывает выпадение дождя (до обеда идет подъем теплого воздуха, насыщенного водяным паром, а после обеда выпадает дождь). Этим объясняется выпадение большого количества осадков в тропических районах. Однако воздух, приподнимающийся над экватором, так или иначе должен опускаться вниз, что и наблюдается в субэкваториальных районах (южнее и севернее экватора на 22-35° широты). Опускающийся почти без водяных паров воздух нагревается, и потому становится суше, забирая имеющуюся влагу в таких регионах, что и явилось причиной субэкваториальных пустынь.

Образование нисходящих потоков воздуха наблюдается там, где ветры-пассаты (почти всегда дующие в одном направлении) встречают на своем пути горы: влажный воздух уходит вверх, охлаждается, вызывая выпадение обильных осадков на подветренных

склонах. При перетекании воздуха через горы и его опускании на другой стороне он нагревается, что усиливает его способность удерживать влагу. Соответственно эта особенность и является причиной образования пустынь на подветренных склонах гор. В этом случае говорят, что сухие районы, где воздух опускается с гор, находятся в дождевой тени. В таких условиях сформировались самые жесткие пустыни в мире. В качестве примера можно привести горный хребет системы Гималаев, где на обращенные к муссонам наветреные скалы выпадает большое количество осадков. На подветренных склонах образуются засушливые территории. Другой пример - влажные субтропики Черноморского побережья Кавказа (Сочи, Адлер, Гагры, Батуми и др.), где на южных склонах осадков выпадает в 2-3 раза больше, чем на противоположных территориях (например, Алазанская долина Грузии).

4. Поверхностные и грунтовые воды. Выпавшая вода в виде дождя частично впитывается в почву (инфильтрация) и частично стекает по поверхности (поверхностный сток) в ручьи и дальше в моря. Большой практический интерес вызывает показатель отношения инфильтрации к поверхностном стоку. Все открытые водоемы (реки, озера, речки) называют поверхностными водами. Инфильтрующаяся вода частично остается в почве в зависимости от водоудерживающей способности последней и называется капиллярной. В атмосферу она возвращается через эвапотранспирацию.

Инфильтрационная вода не удерживается почвой и называется гравитационной, которая под силой тяжести просачивается по порам и трещинам вниз. Она достигает непроницаемого горизонта горной породы или глины и над ними накапливается, занимая все пустоты, трещины, щели; ее запасы называют грунтовыми водами, а ее верхнюю границу - уровнем грунтовых вод. Колодец следует копать ниже уровня грунтовых вод, и тогда вода стечет в него и заполнит его до этого уровня.

Слои пород иногда залегают наклонно, и тогда грунтовые воды медленно перетекают, формируя подземные реки. Слой пористого материала, по которому движется подземная река, называется водоносным горизонтом. Пористые слои залегают между водонепроницаемыми горизонтами и иногда прерываются, что обусловливает различную глубину залегания грунтовых вод.

Место поступления грунтовых вод в водоносный горизонт иногда располагается далеко от исследуемого района. В случае большей высоты места поступления грунтовых вод по сравнению с уровнем водоносного горизонта, создается повышенное давления и вода движется по водоносному (артезианскому горизонту). Грунтовые воды под действием силы тяжести движутся по водоносному горизонту и нередко выходят на поверхность, образуя естественные родники: 1) вода вытекает на широком пространстве и 2) вода бьет струей из одной точки, питая озера, ручьи и становится частью поверхностных вод. Родник функционирует до тех пор, пока уровень грунтовых вод находится выше него. С понижением уровня грунтовых вод родник пересыхает.

5. Круговорот воды. Общий круговорот воды (или гидрологический цикл) представляет собой поступление воды в атмосферу с последующей ее концентрацией и выпадением на Земле в виде осадков. Иными словами, испарение, конденсация и осадки лежат в основе процесса природного круговорота воды, который условно подразделяется на три части: 1) поверхностный сток (вода становится частью поверхностных вод), 2) эвапотранспирация (инфильтрированная вода, задерживаемая частицами почвы в качестве капиллярной, возвращается в атмосферу за счет испарения с поверхности почвы и транспирации растений), 3) грунтовая вода (движется по водоносным горизонтам, снабжает родники, колодцы и снова попадает в систему поверхностных вод).

С дождями поступает очищенная вода после испарения, но, попадая на землю, она захватывает мелкие частицы почвы, химикаты, отмершие остатки растений и животных с микрофлорой и сильно загрязняется. Часть воды впитывается в грунт, а грязь и другие органические засорители по мере просачивания воды сквозь почву и пористую породу очищаются.

Растворенные в воде химикаты в почве не задерживаются, а выщелачиваются в грунтовку. Вымываются с водой также и различные минералы, в том числе и известняк, что является причиной образования подземных пустот. Многие вымытые в грунтовку минералы безвредны для человека, животных и растений. Грунтовая вода является пресной водой, пригодной для питья. Нарушается качество

воды при попадании в грунтовку ядовитых веществ, например, соединений ртути, мышьяка и т.д.

Таким образом, все территории суши постоянно омываются пресной водой осадков, которая непрерывно передвигается горизонтально (по поверхности) и вертикально (просачивается через почву). Растворенные в воде вещества переносятся к местам испарения (океаны, моря), где вода уходит в атмосферу, а соли остаются.

6. Почвы и их физический состав. Поверхностный слой земной коры, обладающий плодородием и обеспечивающий развитие растительного покрова, называется почвой. Именно благодаря плодородию почва является ценнейшим средством сельскохозяйственного производства. Поэтому важнейшим фактором нормального развития человеческого общества является сохранение почв, которая образуется в основном из рыхлых горных пород (пески, суглинки и т.д.) и составлена твердой (мелкие от 1 мм до долей микрона частицы минералов), жидкой (почвенный раствор) и газообразной частями (почвенный воздух). В составе почвы много оксидов: Si<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, MgO, CaO. Важнейшей частью почвы является гумус, формируемый в результате превращения органических остатков и включающий в себя высокомолекулярные органические кислоты (гуминовые, ульминовые, фульвокислоты). В сочетании с другими органическими соединениями гумус составляет органическое вещество почвы (в основном в верхнем горизонте).

Почва формируется в результате выветривания (разрушения) горной породы под влиянием химических и физических факторов. Постепенно горная порода под влиянием воды и перепада температур распадается на мелкие (в диаметре 0,05 мм - пыль и глина) и относительно крупные (в диаметре более 0,10 мм - песок) частицы, составляющие минеральную часть почвы. Обычно почвы имеют все частицы в своем составе, но есть и такие, в которых преобладают отдельные из названных гранул. Минеральные частицы разделяются по массе: самый тяжелый - песок, затем пыль и глина. На этой основе можно определить долевое участие в почве отдельных частиц.

От соотношения частиц в почве зависит ее свойство. Считается, что суглинки, содержащие до 40% песка, 40% пыли и 20% глины, представляют наибольший хозяйственный интерес. Именно гранулометрический состав в значительной степени определяет основные

качественные характеристики почв: ионообменная емкость, инфильтрационная и водоудерживающая способность, аэрация. Чем меньше частицы, тем меньше инфильтрация, аэрация и т.д. Например, в глинах аэрация слабая, в песчаной почве - высокая, а в почве с преобладанием пыли занимает среднее положение. Другие свойства почв (например, водоудерживающая способность) имеют обратную связь с размерами частиц, повышаясь с уменьшением и снижаясь с увеличением их размеров. Так, чем меньше частицы, тем больше их общая поверхность и тем выше способность почвы удерживать питательные вещества и воду.

От гранулометрического состава почвы зависит их сельскохозяйственная ценность. Например, обработка глинистых почв, которые даже при небольших осадках становятся липкими, а в сухую погоду, наоборот, очень твердыми, сильно затруднена; обработка песчаных почв не представляет особых трудностей (они не раскисают при дождях и не затвердевают в сухой период). Лучшие хозяйственные качества почв связаны с их суглинистым или пылевым составом. Продуктивность растений определяется рядом почвенных особенностей, на которых мы коротко остановимся с целью установить пути потерь плодородия и наметить мероприятия его восстановления.

7. Органические вещества почвы. В отдельных типах почв содержится различное количество самых разнообразных органических веществ и организмов, которые можно разделить на две части: 1) мертвые вещества (детрит) - отмершие растения и животные и их отходы, 2) живые организмы, включая мириады бактерий и грибов, а также крупных фагов - беспозвоночных, формирующих пищевые сети на основе детрита. Иными словами, почва представляет собою весьма сложную систему, от компонентов которой зависит продуктивность полей, лесов, лугов.

Свойства почвы заметно улучшаются при увеличении содержания в ней гумуса - остатка органических веществ после переработки детрита детритофагами. Накопление гумуса в минеральной части почвы совпадает с отмиранием подземных (в основном корней) и надземных (листьев, стерневых остатков, стеблей, плодов) органов. Детрит почвы является первым энергетическим звеном пищевых цепей многих бактерий, грибов, простейших, многоножек,

насекомых, дождевых червей, кротов и т.д. Эти и другие живые организмы превращают отмершие остатки организмов частично в гумус, перемешивая с минеральной частью почвы, существенно ее структурируя. Особую роль в этом процессе играют дождевые черви, на что указывал еще Ч. Дарвин.

Дождевые черви прогоняют через свой пищеварительный тракт до 40 т/га почвы в год, соединяя минеральную и органическую части в весьма прочные почвенные структуры. Формирование почвы проходит в верхнем слое (0-20, 0-30 см), где почвенные организмы (бактерии, грибы, микро- и мезофауна) наиболее активны. Обогащенный гумусом верхний слой называют почвой (пахотный слой), а нижележащий - подпочвенный; разрез через ненарушенные слои дает представление о почвенном профиле.

Гумус отличается самой высокой способностью концентрировать биогенные вещества и воду, значительно превышая любую минеральную часть почвы. Гумус придает почве комковатость, повышает ее аэрацию и способность удерживать воду, чем и улучшает все условия вегетации растений. Гумус способен сгладить отрицательные свойства глинистых, пылеватых и песчаных частиц почв. Пахотный слой по сравнению с подпахотным (подпочва) характеризуется более благоприятными свойствами, обеспечивая тем самым высокое (в 6-7 раз по сравнению с подпочвой) формирование биомассы растений.

Гумус не является вечным органическим веществом. Он не усваивается никакими организмами. В зависимости от условий увлажнения, температуры и аэрации по разным оценкам разлагается ежегодно до 50% гумуса в объеме почвы. Иными словами, без ежегодного поступления достаточного количества детрита или равноценного его заменителя (навоз, торф, гуано и т.д.) гумус постепенно разрушается, а почва теряет свое ценнейшее качество - плодородие: структуру, аэрацию, ионообменную и водоудерживающую способности и т.д. Разрушение гумуса (пахотного слоя тоже) или его минерализация оставляет в верхнем горизонте постепенно только минеральные частицы - пыль, песок, глину. Наибольшие площади сильно деградированных минерализованных почв отмечены в зоне тропических лесов.

Почвенная биота характеризуется целым арсеналом разнообразных связей - от симбиоза до хищничества. Например, между многими высшими растениями и почвенными грибами (микориза) установились важные симбиотические отношения (грибокорень): гифы гриба помогают растению осваивать больший объем эдафотопа, а также обеспечивают растения биогенами и водой, в свою очередь растения поддерживают грибницу энергетически. Велика роль почвенных бактерий в круговороте азота и снабжении им растений, в первую очередь бобовых. Наоборот, нематоды (мелкие черви) питаются соками растений, проникая в корни и снижая их продуктивность иногда на 70-80%.

8. Свойства почвы. Почва содержит необходимые для жизни растений биогены - минеральные питательные вещества: нитраты  $(NO_3^-)$ , фосфаты  $(PO_4^-)$ , кальций  $(Ca^{++})$ , а также воду и кислород. Основным источником вышеназванных минеральных биогенов (кроме азота, который образуется из атмосферного  $N_2$ ) является материнская порода, где они находятся в недоступном для живых организмов состоянии. В процессе выветривания породы эти вещества постепенно переходят в водный раствор почвы через ряд физических процессов (реакция среды на биохимические выделения растений и т.д.). Освободившиеся биогены используются растениями или вымываются водой (процесс выщелачивания). В последнем случае почва обедняется питательными веществами, а окружающая среда (грунтовые и поверхностные воды) загрязняется ими. Весьма важно, чтобы почва связывала и удерживала биогены (ионообменная способность), которые могли бы поглощаться затем растениями.

Несмотря на то, что выветривание обеспечивает первоначальный вход биогенов в системы, наибольший поток биогенов определяется круговоротом, в основе которого находятся отходы животных и разлагающийся детрит. При выращивании сельскохозяйственных культур с урожаем отчуждается значительная часть биогенов, и их запас в почве постоянно пополняется внесением органических и частично минеральных удобрений.

Почва отличается способностью к инфильтрации, или впитыванию поверхностных вод, прежде всего осадков. Растения нуждаются в больших количествах воды: они ее транспирируют (примерно 99% от всей потребляемой воды) и используют на построение

сухого вещества (примерно 1%); при недостатке воды растение вянет, прекращая ростовые процессы. Обеспеченность растений водой между дождями зависит от водоудерживающей способности почвы, сохраняющей определенный уровень влаги в течение какого-то времени.

Корни многих травянистых растений размещаются в основном неглубоко (на 30-40 см и до 1 м), и вся вода, ушедшая из этого слоя, становится практически им недоступна. Если водоудерживающая способность почвы высокая, то растения меньше страдают от недостатка влаги, и наоборот. Почва (особенно ее открытая поверхность) сильно испаряет воду, а почва, покрытая растительным покровом, испаряет воду значительно меньше. Иными словами, плодородная почва выделяется хорошей инфильтрацией и водоудерживающей способностью, формирует мощный растительный покров, снижающий потери воды на испарение.

В процессе фотосинтеза растения через устьица поглощают углекислый газ ( $\mathrm{CO}_2$ ) и выделяют кислород ( $\mathrm{O}_2$ ); в процессе роста они поглощают биогенные элементы, для чего выделяют энергию, образующуюся в результате окисления глюкозы при клеточном дыхании с поглощением кислорода из почвы и выделением углекислого газа в почву. Поэтому передвижение способом диффузии кислорода из атмосферы к корням растений и углекислого газа из корней в атмосферу обеспечивает почва. Это свойство почвы носит название аэрации.

При уплотнении почвы или ее переувлажнении аэрация ухудшается вплоть до гибели растений. При уплотнении почвы наблюдается уменьшение воздушного пространства между почвенными частицами, а при водонасыщении пространство между почвенными частицами заполняется водой. У некоторых растений (рис, осоки, тростник обыкновенный, водный кипарис и др.) кислород проходит в корни по стеблю, и они не испытывают негативного влияния перенасыщения почвы водой.

Различные типы почв, формирующиеся в разных условиях среды, характеризуются определенной кислотностью или щелочностью, выражением которых является рН. Основная масса организмов лучше функционирует при рН 6-7. Водный баланс растений определяется солевой концентрацией в самом организме и в почвен-

ном растворе, поскольку именно ионы солей притягивают молекулы воды, движущиеся в сторону большей концентрации солей (явление осмоса). В случае, если внешняя среда имеет высокую концентрацию солей, то клетки растений поглощать воду не могут и, наоборот, они вынуждены ее терять, обезвоживаясь вплоть до своей гибели. Например, большинство организмов суши не могут использовать морскую воду, соленость которой выше 3%. Наоборот, морские виды гибнут в речной воде. Основная масса высших растений суши приспособлена только к пресной воде, и поэтому засоленные почвы фактически превращаются в безжизненную пустыню с очень редкими видами малопродуктивных растений и животных.

Поддержание хороших урожаев сельскохозяйственных культур обеспечивается внесением в почву органических и минеральных удобрений. Существуют разные точки зрения по этому вопросу. Растения, вероятнее всего, не используют (если используют, то мало) органические соединения почвы при образовании урожая. Однако органические удобрения улучшают структуру почвы, служат питательным субстратом для почвенных микроорганизмов, содержат все биогены и другие вещества, которые растения используют для формирования своих органов, построения тканей и образования плодов, поскольку органические удобрения являются своего рода природными компонентами. Минеральные удобрения быстро увеличивают массу растений за счет более высокой концентрации биогенов и их интенсивного потребления растениями.

Широкое применение минеральных удобрений ускоряет минерализацию органической части почвы, приводит к гибели популяций многих организмов в естественных системах, повышению численности популяций фитопаразитов и патогенов, накоплению нитратов и тяжелых металлов в плодах, что в совокупности является сильным прессом для здоровья людей и состояния естественных природных систем. На наш взгляд, оптимальный вариант в агроландшафтных системах складывается при применении в севооборотах в основном органических удобрений (навоз, зеленые удобрения, компосты и т.д.). Вполне применим вариант сочетания на разумной основе органических и минеральных удобрений с учетом правильно разработанного севооборота.

9. Растительность. В основном вся суша нашей планеты покрыта растительностью, являющейся изначальным звеном большинства пищевых цепей в природе, оказывающей определяющее влияние на состав, структуру и динамику всех жизненных процессов на земле. Основная масса органического вещества (99,9%) образуется за счет функционирования растений или их потребления. Реально только растения способны ассимилировать лучистую энергию солнца, превращая ее в энергию химических (органических) соединений. Растительность суши представлена очень большим набором видов растений, различающихся глубокой адаптацией к широкой вариации природно-климатических условий земли - от пустынь до влажных лесов, от арктических тундр до саванн и степей. Большая часть растений, определяющая важнейшие сообщества суши, относится к трем основным жизненным формам: деревьям, кустарникам и травам.

Особой темой стоит сегодня вопрос о лесе, как об особом системообразующем и наиболее важном стабилизирующем факторе природной среды. Лес отличается как весьма большой листовой поверхностью, так и достаточно большим количеством и глубоким проникновением корней в эдафотопе. Лес хорошо защищает почву, переводя дождевую влагу в подпочвенные стоки, и притягивает её из облаков. Вместе с тем лес выносит многие вещества из нижних глубин подстилающих пород, а многие переносит из верхней части природных систем в весьма глубокие (до 20-30 м) нижние слои. Корни отдельных пород образуют ходы для выделяющихся с глубины газов и тем самым гасят определенную силу давления нижних горизонтов, например, при значительном скоплении радона и других веществ. Кроме того, деревья за счет роста своих корней образуют значительные расщелины в подстилающей коре, что тоже благоприятно сказывается на улучшении связей подземной и верхней сред.

Лучшим способом посадки лесных пород является высев семенами с последующим созданием условий для роста главного корня, а затем и роста надземной сферы. Такой же способ следует применять для городской и поселковой среды обитания, чтобы деревья меньше падали при сильном ветре. Посадка леса такого типа будет способствовать созданию устойчивого многолетнего и продуктивного лесного сообшества.

Посадку лесов необходимо сделать главным и постоянным приемом улучшения природной среды. В первую очередь необходимо засеять неудобья, нарушенные земли, отвалы после добычи сырья и других нарушений. Затем следует засеять луга, сильно нарушенные гидрографические неудобья и другие земли. Известно, что в лесных массивах грунтовые воды поднимаются выше и значительно меньше требуется минеральных удобрений, а это существенно снижает затраты на урожай.

Следует иметь в виду, что лесные массивы природного типа меньше подвергаются давлению, и на территории лесов реже бывают землетрясения. На террасированных землях, открытых, слабо облесенных, землетрясения бывают чаще и что самое главное - разрушительнее.

Что касается речных побережий, то напряжение в этих местах одно из самых сильных. Здесь и землетрясения, и цунами проявляются сильнее. Лет 60-80 назад такие места, особенно в тропиках и субтропиках, в основном занимали специфичные водоустойчивые мангры примерно до расстояния 700-1000 м от воды. Сейчас же мангры вырубают, и гостиницы нередко ставят у самого уреза воды. По силе нагрузки морские пляжи сейчас выделяются наибольшей опасностью. Необходимо морским пляжам хотя бы на 100-150 м от берега вернуть первоначальное состояние, и они станут значительно безопаснее.

Иными словами, лес должен стать важным прологом в преддверии общего оздоровления нарушенных природных комплексов, а их у нас несчитанное количество, даже не затрагивая пашни. Создавая галерейные леса вдоль речных систем и лесные анклавы на месте различного рода неудобий, мы подадим блестящий пример заботы о будущем природы.

Основу городских посадок составляют медленно растущие вегетативные составляющие (ствол, скелетные ветви, позднее генеративные образования) таких пород, как дуб, ясень, хвойные и некоторые другие, которые при этом формируют мощную поверхностную корневую систему. Совершенно не годятся быстрорастущие (белая акация, софора, клен сахаристый, тополь) и с относительно коротким жизненным периодом (50-70 лет) породы.

Ближе 15 м от трассы дома строить нельзя. Между трассой и домами необходимо сажать 3 ряда деревьев: 1-й ряд от трассы - высокорослые лиственные (например, клен), размещающие свою крону на высоте 12-18 м, способные через 25-30 лет улавливать до 70% поднимающейся высоко легкой пыли; 2-й ряд - желательно высадить сосну в шахматном порядке по отношению к первому высокорослому ряду; 3-й ряд могут составлять сравнительно невысокие и быстро растущие (липа, акация), которые через 40-45 лет можно менять, что будет создавать впечатление периодической смены породного состава.

Посадка деревьев плотностью одно дерево на 8-10 м<sup>2</sup> позволит поддерживать сплошной травяной покров без необходимости убирать листву (убираются только погибшие деревья и ветви). Третий ряд деревьев не должен заслонять окна первого этажа; от здания деревья высаживаются на расстоянии 2,5-3,0 м; между рядами - 4-6 м, в ряду -8,0 м. Загущение вызывает раннее отмирание деревьев, нарушение в формировании кроны, пятнистость в формировании травяного покрова и другие нарушения эстетики урболандшафта.

Деревья не должны давать вегетативную поросль, чтобы не затруднять уходные работы, не загущать посадки в скверах. Быстрорастущие деревья, кустарники, травы формируют в основном поверхностные корневые системы, активно выделяющие биологические вещества, что усиливает химическое разрушение строений, канализации, водопровода, коррозию металла, образуют огромную листовую поверхность, подкисляют верхний слой почвы. В городе и поселках их размещение нецелесообразно.

Среди водных растений выделяются две жизненные формы: бентосная и фитопланктонная. Бентосные растения (греч. benthos глубина) прикрепляются ко дну (например, макроводоросли). Эти растения могут быть погруженными или полупогруженными в воду. Они используют элементы питания донных отложений и вегетируют в чистой воде, способной пропускать через свои толщи солнечные лучи, используемые для фотосинтеза. Зона от поверхности до той глубины, на которой возможен фотосинтез (в чистой воде до 30 м), называется эвфотической. В мутной воде эвфотическая зона уменьшается до 0,1 м.

Фитопланктонные растения (греч. phyton - растение, planktos - блуждающие) представляют собой множество видов одноклеточных водорослей, целые скопления их клеток, размещенные вблизи поверхности воды или на ней. Мутная вода мало влияет на фитопланктон, тем более что он сам вызывает помутнение воды. При массовом размножении «цветение воды» водоросли придают воде зеленую окраску или ее оттенки в зависимости от видов, составляющих фитопланктон, который совершенно не связан с дном, а биогены получает из воды. При недостатке биогенов в воде фитопланктон формируется весьма слабо.

В природных комплексах (экосистемах) поступающие биогены используются живыми компонентами и рециклизируются; эрозия почвы минимальная, а поверхностный сток незначителен и беден биогенами. Иными словами, в ненарушенных системах в водоеме с поверхностным стоком с суши попадает мало растворенных веществ и твердых частиц - они задерживаются растительностью суши. Водоемы, в которые впадают чистые реки, весьма бедны биогенами (олиготрофные условия), что сдерживает рост фитопланктона и дает возможность бентосной растительности активно вегетировать на глубине до 10 м, образуя пищу и «жилища» для водных животных (например, глубоководных рыб), поддерживая хороший уровень растворенного кислорода на глубине за счет его выделения в воду в процессе фотосинтеза. Кислород атмосферы очень мало растворяется в воде. Иными словами, природные водоемы, окруженные природными наземными системами, относительно богаты биогенами. В них формируется весьма богатая в видовом отношении биота, включая бентосную растительность, питающая многочисленных водных животных.

Наземные природные экосистемы, достигшие климаксного уровня развития, весьма существенно защищают природные водоемы от загрязнения наносами, поддерживая на минимуме эрозионные процессы почвы при всех формах рельефа.

## ЧАСТЬ 2. АНТРОПОГЕННЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ

## ГЛАВА 3. ХИМИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ

Все химические вещества в той или иной степени загрязняют почву, воду, воздух, растения и животных. Химикаты превращают воду в непригодную для питья и весьма вредную для многих почвенных и водных организмов. Основными химическими загрязнителями являются ядовитые отходы, пестициды, тяжелые металлы, минеральные удобрения, растворители и т.д. Остановимся на кратком анализе основных химических загрязнителей, поступающих в окружающую среду в результате деятельности человека.

1. Отворы промышленности. С появлением промышленного производства образовались и отходы, от которых в недалеком прошлом избавлялись весьма просто: жидкие отходы и стоки, содержащие самые разные вещества, испарялись или их сбрасывали в естественные водоемы (реки, болота и т.д.), а газообразные вещества выпускались через высокие трубы в воздух. Заболевания людей, работавших на таких производствах, относили к плате за прогресс и вводили за такую работу более высокую оплату. Еще в XIX веке было известно, что мастера, при производстве шляп, использовавшие по технологии ртуть, травились ею и нередко сходили с ума.

Особое развитие получила химическая промышленность в период второй мировой войны и после ее окончания: многие речки, реки и озера стали сточными канавами для отходов этого производства, а также при нефтедобыче и перевозке нефти и т.д. Нередко такие реки горели на целые километры, перенося нефть или ее продукты. Такое состояние водных континентальных бассейнов

вызывало падение численности популяций многих ценных рыб не только в реках, но и в морях, куда впадали реки, по берегам которых стояли химические и металлургические заводы. Сюда можно отнести Каспийское и Азовское моря, практически все реки Европейской части в границах бывшего СССР. К сожалению, такое серьезное положение очень мало изменило отношение к промышленным отходам. Безусловно, нужны определенные финансовые затраты на разработку, изготовление систем по очистке отходов, на сокращение выброса отходов в воду и воздух и очистку водоемов. В этом направлении у нас в стране и особенно в крае предстоит сделать очень и очень много.

2. Органические отходы. В настоящее время химическая, микробиологическая и медицинская промышленность производит тысячи органических соединений, используемых для получения пестицидов, красок, покрытий для металла и дерева, растворителей, химического волокна и т.д. Некоторые из них дублируют соответствующие природные соединения и достаточно легко ассимилируются растениями, животными и человеком, вступая во взаимодействия и контакт с различными системами и соединениями, например, с ферментами, пектинами и др.

Однако организм не всегда способен разложить такие вещества, и их накопление вызывает нарушение деятельности живой системы: высокие дозы этих веществ могут вызвать отравление и смерть; низкие дозы, накапливающиеся в течение определенного времени, обусловливают проявление мутагенеза, тератогенеза (врожденные дефекты у детей), развитие опухолей, способны вызвать бесплодие, заболевания почек, печени, желудка, а также нейропсихические, физиологические и биохимические нарушения. Самыми опасными являются галогенорганические соединения, где атомы водорода замещены атомами фтора, йода, брома, хлора. Наиболее распространенными из них являются хлорированные углеводороды, широко используемые для изготовления пластмасс (поливинилхлорид), пестицидов, электроизоляции (ПХБ - полихлорированные бифенилы), пламягасящих веществ, растворителей (например, тетрахлорфенол) и т.д. Диоксины и ПХБ входят в список очень опасных соелинений.

Загрязнение окружающей среды ядохимикатами связано с отходами химических и металлургических заводов, использованием пестицидов, сжиганием полиэтилена, пластмассы и т.д. Обработка металлов, обогащение и плавка руд и некоторые другие технологические процессы способствуют концентрации в отходах производств тяжелых металлов. Промышленные изводства, связанные с выпуском пластмассы, каучука, лекарств, красителей, пестицидов, взрывчатых веществ, мыла, удобрений, пластиков и т.д., дают отходы, содержащие синтетические органические вещества, представляющие собою побочные продукты химических заводов: отработанные очищающие, активизирующие и смазочные продукты, использованная для мытья различной продукции вода и т.д. Ядовитые отходы указанных производств должны удаляться, несмотря на большую стоимость такой очистки, и ни в коем случае их нельзя накапливать или складировать в других местах в форме отходов.

3. Пестициды. Для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками растений применяют разнообразные химические препараты (пестициды от лат. pestis - зараза и caedo - убиваю), группируемые по тем видам организмов, на которые они действуют: фунгициды (уничтожают грибы), родентициды (уничтожают грызунов), гербициды (убивают растения), инсектициды (уничтожают насекомых). Тем не менее, ни один из химикатов не отличается полной избирательностью к конкретным организмам, а представляет угрозу и другим организмам, включая и людей. Поэтому нередко их называют биоцидами (вещества, действующие на различные формы живых организмов).

Выделяют пестициды первого поколения (неорганические соединения, содержащие тяжелые металлы, включая ртуть, свинец и мышьяк, накапливающиеся в почвах и подавляющие рост растений), использовавшиеся широко для борьбы с вредителями до 40-го года; пестициды второго поколения (синтетические органические соединения, первым среди которых был дихлордифенилтрихлорметилметан - ДДТ, синтезированный еще в середине XIX века). Синтетические пестициды вызывают у вредителей развитие устойчивости, что через некоторое время способствует их возрождению и вторичной вспышке численности. Для борьбы с новым

поколением вредителей требуется увеличение затрат и новые пестициды, что обусловливает отрицательное воздействие на природу и человека.

Все применяемые в настоящее время пестициды представляют собою хлорорганические (ХОС) и фосфорорганические (ФОС) соединения, оказывающие нейротропное действие на многие организмы. Воздействие различных групп пестицидов - ХОС, ФОС, карбаматов (например, фосфамида, бетанала и 2М-4Х) - вызывает сходные реакции у молоди рыб, выражающиеся в инактивации ацетилхолинэстеразы, что приводит в конечном итоге к перевозбуждению холинэргических структур и истощению организма. Активность данного фермента в мозге рыб можно использовать для ранней диагностики токсичности пестицидов. Все применяемые в крае ХОС можно распределить по степени убывания токсичности для живых организмов следующим образом: сатурн - пропанид ордрам - базагран. Сатурн может храниться в почве до 418 суток, аккумулируясь в донных отложениях и гидробионтах; остальные пестициды сохраняются в ландшафте не более 100 суток (Шиленко и др.,1988).

Миграция различных пестицидов из водоемов через гидробионтов в высшие трофические уровни отмечена во многих исследованиях. Например, сатурн в воде и грунте водоемов не отмечен, так как он уже разложился, зато он присутствует в мышцах карася серебряного (0,173 мг/кг), судака (0,146 мг/кг), а также в печени рыбоядных птиц - цапель и бакланов (0,027-0,137 мг/кг) (Шиленко и др., 1990). Ордрам содержится в воде, поступающей в рисовые чеки (0,0004 мг/л). После внесения на поля он обнаруживается в водоеме-накопителе (0,0023-0,012 мг/л) и в грунте (0,0074-0,022 мг/кг). В организме рыб ордрам содержится в количестве 0,003 (карась серебряный, густера) и 0,093 мг/кг (судак), а в бакланах и чайках - 0,0058-0,0054 (мышцы) и 0,0099-0,0056 мг/кг (печень). Индикаторами пестицидного загрязнения служат виды саранчовых: Stenobothrus eurasius для ДДТ и ГХЦГ и Pararcuptera mioroptera для полихлорбифенилов.

Снижение численности дождевых червей (до 25%), а также уменьшение их массы (до 45%) отмечено при использовании различных пестицидов. Даже рабочие концентрации гербицидов об-

ладают инсектицидным действием, приводя к уменьшению количества насекомых. Правда, иногда отмечается обратная реакция. Например, под действием 2,4-Д у тли *Macrosihon pisi* отмечена стимуляция размножения, а у гусениц *Chilo supressalis* - ускорение развития.

После применения пестицидов снижается численность различных видов фитофагов, а также следующих за ними в пищевой цепи зоофагов и хищников, стенофагов. Всех животных по возрастанию содержания пестицидов в тканях можно расположить в следующем порядке: растительноядные - всеядные - плотоядные. В наземных экосистемах содержание ДДТ в консументах на 2-3 порядка выше, чем в абиотической среде, а в водных системах еще выше - в 10-15 тысяч раз (Воронова и др. 1985). При этом латентный период токсического эффекта пестицидов у организмов тем больший, чем выше их трофический уровень.

Воздействие различных пестицидов вызывает увеличение общего числа лейкоцитов, изменение в лейкоцитарной формуле крови (увеличение количества моноцитов и нейтрофилов), а также уменьшение эритроцитов. Количество базофилов уменьшается в крови лягушек в чеках, где на них воздействует одновременно несколько пестицидов, а при содержании в растворах карбофоса этот показатель увеличивается. Количество лимфоцитов уменьшается под действием сириуса, карбофоса и фозалона и увеличивается под действием рогора и дурсбана.

Поведение пестицидов в гидросфере определяется многими (гидрогеологическими, ландшафтно-климатическими, физико-химическими) характеристиками водообменных геосистем и зависит также от самих пестицидов, наличия сопутствующих источников загрязнения и т.д. Так, стойкость пестицидов в водоеме зависит от физико-химических условий в воде, прежде всего от количества растворенного в воде кислорода. В условиях рисовых чеков разрушение гербицидов значительно замедляется. Стерилизация воды прекращает разложение пестицидов. Освещенность водоема, а также ультрафиолетовое облучение ускоряют распад пестицидов на нетоксичные составляющие (Врочинский и др., 1980).

Смываемые с почвы пестициды проникают в почвенный слой соседних территорий, грунтовые воды и водоносные горизонты,

залегающие глубоко. Наибольшее количество ХОС накапливают почвы, содержащие большое количество гумуса (черноземы, дерновые и луговые почвы). В грунтовых и подземных водах Украины обнаружено более 20 пестицидов, среди которых встречаются ДДТ, его метаболиты, гексахлоран, гептахлор, дилор, кельтан, 2,4-Д, симтриазин (Моложанова и др., 1990).

В водоемах Краснодарского края ХОС содержатся в концентрации 0,0004-0,001, а нередко даже 0,04 мг/л. Сатурн, как самый опасный в наших условиях пестицид, вызывает у гидробионтов различные патологии уже при концентрации 0,002 мг/л. Безопасных концентраций ХОС не существует, так как их наличие даже в следовых концентрациях (0,0001 мг/кг) усиливает эффективность действия ордрама, пропанида, базаграна в дозах, не превышающих предельно допустимых концентраций (Духовенко и др., 1988).

Площадь сельхозугодий в крае составляет 5,1 млн/га, на них вносится около 24 тыс. т пестицидов; 10 лет назад эта цифра составляла 42 тыс. т. В рисоводстве за последние 4 года применение пестицидов сократилось с 3 до 2 тыс. т в год. При этом ситуация усугубляется режимом орошения, который приводит к выносу остатков пестицидов за пределы рисовых систем и поступлению их в естественные водоемы, которыми обычно являются рыборазводные (Шиленко, 1990). В сбросных водах обнаружено до 3,8 мг/л линдана и 2,5 мг/л ДДТ. В лиманах, где осуществляется естественное воспроизводство рыб, обнаруживаются остатки ХОС в концентрациях 0,0002-0,001 мг/л, а в 50% случаев в воде и грунте фиксировалось наличие ДДТ. Постоянное накопление гербицидов в воде, грунте и в гидробионтах свидетельствует об их отрицательном воздействии на рыб, а косвенно и на человека (Духовенко, Хомуло, 1990). Перенасыщение сельхозугодий разными видами гербицидов наносит большой урон малым рекам. В течение короткого времени в них практически уничтожены запасы рыбы, и они стали непригодными для орошения (Чапек и др., 1992).

На Кубани широкое применение пестицидов (в 5 раз больше на гектар, чем в целом по стране) привело к ухудшению здоровья населения края: смертность составляет 10,7 человек на 1000 населения, онкозаболеваемость - 304,4 на 100000. В рисосеющих рай-

онах края острые и хронические заболевания органов дыхания преобладают в структуре заболеваемости детей и взрослых. Вредное влияние пестицидов на организм человека выражается в изменении физиологических и биохимических процессов, обеспечивающих защитно-приспособительные функции организма.

Пестициды постепенно теряют эффективность. Поэтому для борьбы с вредителями и сорняками требуется увеличение норм их внесения, а также изготовление новых, более действенных препаратов. Как неорганические, так и органические соединения оказались в одинаковом положении - на сохранение единицы урожая требуется все большее их количество. Такое положение определяется тем, что популяции вредителей и болезней отличаются весьма динамичным генофондом. Внесение пестицидов оказывает на него мутационное давление, способствует появлению новых, более устойчивых популяций. Например, обработка посевов пестицидами обусловливает гибель наиболее чувствительных (сенильных и молодых виргинильных) особей. Более выносливые генеративные молодые особи продолжают размножаться и дают более выносливое потомство. Особенно ярко они проявляются у насекомых, отличающихся удивительной способностью к воспроизводству. Многочисленные обработки пестицидами вызывают отбор и возобновление гомозиготных линий с высокой устойчивостью к используемым пестицидам. Устойчивость вредителей и сорняков к пестицидам усиливается в тысячи и десятки тысяч раз. Следует иметь в виду, что нередко популяции насекомых и растений, приобретая устойчивость к одному препарату, становятся невосприимчивыми к ряду других.

После химических обработок вредители и сорняки нередко не только возвращаются, но и появляются в значительно больших количествах. Особенно это характерно для тех популяций, которые до обработок были малочисленными. Например, число видов вредителей хлопка возросло с 6 (до применения ДДТ) до 16 (в настоящее время). Так, растворы ДДТ способствуют росту численности красной щитовки, тогда как на необработанных деревьях аналогичные показатели ниже. Это объясняется нередко нарушением сложившихся пищевых цепей - в нормальных условиях рост популяции растительноядных организмов контролируется паразити-

рующими на них насекомыми или бактериями. Применение пестицидов влияет чаще сильнее на хищника, чем на жертву. С исчезновением хищника популяции растительноядных взрывоопасно увеличиваются. Хищники более восприимчивы к пестицидам по следующим причинам: получают более высокую дозу концентрации препаратов в пищевой цепи, менее устойчивы изначально к пестицидам, могут испытывать нехватку пищи.

Необходимо иметь в виду также, что экосистема - это динамическая среда взаимоотношений и сильное воздействие на один вид влечет за собою нарушение пищевых цепей, равновесия в популяциях и конкурентных взаимоотношениях и т.д., т.е. нарушает основные экологические принципы, характеризующие устойчивость данной экосистемы.

Нередко применение пестицидов на полях становится невыгодным по экономическим соображениям: затраты на борьбу с вредителями и сорняками превышают стоимость прибавки урожая.

Особую тревогу вызывает действие пестицидов на окружающую среду и здоровье человека. Впервые это действие заметили орнитологи: популяции многих птиц, находящихся на вершине пищевых цепей, резко сокращались. В основном влияние сказалось на размножении: скорлупа яиц была тонкой и они разбивались до появления птенцов, т.к. накопление ДДТ влияет на обмен кальция. Большие количества ДДТ стекали в водоемы и очень сильно повлияло на рыбоядных птиц. ДДТ накапливается в жировых отложениях человека и животных. ДДТ оказывает также канцерогенное, мутагенное и тератогенное (вызывает врожденные дефекты) действия. После запрещения ДДТ наблюдается частичное возобновление популяций пострадавших птиц.

Однако применение пестицидов продолжается и возрастает из-за вспышек численности вредителей. Ежегодно в мире страдает около 500000 человек, связанных с производством и применением этих токсикантов. Ученые считают, что только около 1% большого количества пестицидов (а их в мире ежегодно выбрасывают миллионы тонн) попадает в организм вредителей. При распылении с воздуха на посевах риса только около половины препаратов достигает растений, а остальные оседают в водоемах и соседних экосистемах. Из пестицидов, достигших растений, только 0,1% погло-

щается вредителями. Большая часть распределяется по самым разным объектам, включая и продукты питания, попадают в почву, в водоемы и т.д.

В целом следует заметить, что пестициды бессильны уничтожить все сорняки и всех вредителей. Наоборот, они повышают устойчивость вредителей и патогенов и вызывают вспышки их появления. Применение пестицидов представляет собою порочный круг: увеличивает опасность для природы и человека, повышает затраты на их применение и снижает качество продукции.

Аккумуляция пестицидов или их производных животными и человеком, приводящая в конце концов к высокой их концентрации в организме, обусловливает опухоли, врожденные дефекты, мутации, физиолого-биохимические нарушения. Эти нарушения не осознавались человеком до начала 70-х годов, пока не был раскрыт феномен ДДТ. Только после этого факта начали перепроверять и перерегистрировать все применяемые пестициды.

В настоящее время в каждой стране разработаны правила проверки пестицидов, основанные на тестировании при скармливании их определенных доз в течение 1-2 лет подопытным животным (чаще это мыши) и сравнении с контролем и последующей проверкой этих животных на образование опухолей и других отклонений. Необходимо учитывать то обстоятельство, что в разных условиях степень воздействия одинаковой дозы пестицида на организм будет различаться и потому, скажем, данные для какого-то пестицида в США, не могут служить критерием для разрешения применять его в России. Здесь он должен подвергнуться снова проверке. Больше того, условия Подмосковья другие, чем на Кубани. Это значит, что проверка препарата должна проводиться одновременно и в Подмосковье, и на Кубани.

Особому контролю должны подвергаться овощи и фрукты, обычно накапливающие пестициды, поскольку дети потребляют эти продукты в большом количестве и их организм восприимчивее ко всем химикатам, вызывающим нервное расстройство и опухолевые заболевания. Это обстоятельство следует учитывать при разработке допускаемой нормы концентрации химикатов в таких важных для здоровья продуктах.

К сожалению, препараты для защиты растений часто допускают к применению только потому, что для них еще не установлено негативных последствий. Запрет накладывают только после накопления печальных данных медицинской статистики после длительного применения средства. Однако дожидаться подобного для запрещения препарата - далеко не самый оптимальный вариант при охране здоровья людей. Немало еще весьма стойких галогенизированных углеводородов используется в настоящее время.

Не менее серьезная проблема - это применение гербицидов, доля которых превышает все остальные пестициды. Их воздействию подвергаются миллионы людей, и последствия пока непредсказуемы. Применение пестицидов ведет к загрязнению грунтовых вод (это практически закрытые системы с весьма слабым оттоком, а их загрязнение может сохраняться неопределенно долго), продуктов, почвы и т.д. Проведенные в начале 80-х годов исследования показали, что в грунтовых водах ряда округов в Калифорнии обнаружено 50 пестицидов, отдельные из которых не применяются уже свыше 10 лет.

Распространение пестицидов производителями продукции является основным источником угрозы мировой цивилизации. Если в начале 80-х годов в США применяли около 9 тыс. т пестицидов, то США экспортировали в другие страны свыше 40 тыс. т, из которых на долю запрещенных препаратов приходилось четверть экспорта. Компании рекламируют действия пестицидов на сорняки и вредителей, но не дают информации о возобновлении вредителей, их вторичных вспышках, опасности для здоровья населения. Поэтому в других странах пестициды применяют без учета последствий. Ежегодно примерно полмиллиона людей травятся только гербицидами. Основная часть пестицидов в мире производится в США.

Особенность пестицидов - их медленное разрушение и их стойкость в природных комплексах. Так, ДДТ имеет период полураспада около 20 лет, половина его действует еще 20 лет, а потом половина последней (от последней величины или 1/4 от исходной) действует еще 20 лет. Выпускаемые нестойкие соединения, представляющие собой синтетические органические вещества, разлагаются на неядовитые продукты через несколько дней или недель

после применения. Как будто бы такие вещества экологически безопасны. Но по токсичности многие нестойкие пестициды более опасны, чем ДДТ. К тому же их необходимо чаще применять, что, безусловно, очень опасно для самих работников.

Нестойкие пестициды способны существенно нарушить экосистемы региона. Птицы, насекомые, представляющие отдельные звенья пищевой цепи, питающиеся растительной пищей (будь то лес или водоем), погибают в больших количествах. В водоемах резко увеличивается масса фитопланктона, в почве гибнут популяции хищников для паразитов и поэтому популяции почвенных вредителей еще сильнее увеличиваются. Кроме того, полезные насекомые (например, пчелы), как правило, менее стойкие к пестицидам, чем паразиты и хищники. Кроме того, наблюдаются случаи возрождения и вторичных вспышек насекомых при применении нестойких пестицидов. Устойчивость к этим пестицидам насекомые вырабатывают так же быстро, как и к стойким. Нестойкие пестициды по-разному токсичны в различных условиях, что зависит от дозы и сроков их применения.

Одним из способов удаления пестицидов из почв является применение определенных штаммов-разрушителей, выделенных у отдельных видов бактерий. Примером тому может служить выделение и использование бактериальных штаммов-деструкторов пестицидов в почвах Кубани - начало совместного проекта ИБФМ (Пущино) и ВНИИБЗР (Краснодар). Это вызвано необходимостью детоксикации и деградации пестицидов в сельскохозяйственном растениеводстве. Основой этого мероприятия являются: 1) использование метаболического потенциала микроорганизмов агроландшафтов, 2) интродукция штаммов-деструкторов различных пестицидов в системе. Уже создана коллекция из 36 бактериальных штаммов-деструкторов пестицидов, способных использовать в качестве источника углерода и энергии некоторые пестициды. На этом пути немало вопросов, и один из них: какую опасность могут представлять для человека или животных микроорганизмы, питающиеся пестицидами и концентрирующие их в своем теле в органоминеральной форме, поскольку они бесспорно будут начальными звеньями ряда цепей питания.

Таким образом, простым запрещением каких-то пестицидов ничего не решается. Другие пестициды (разрешенные) приносят не меньший вред. Необходимо изучать динамику экосистем и разрабатывать экологические методы борьбы с вредителями, используя различные природные процессы и базируясь на органическом подходе к разработке системы производства сельскохозяйственных продуктов, а для удаления из почвы уже внесенных пестицидов необходимо рассматривать возможность использования бактерийдетритофагов.

4. Тяжелые металлы. К этой группе относятся свыше 40 элементов с удельным весом свыше 4,5 г/см<sup>3</sup>, оказывающих огромное влияние на окружающую среду, качество продуктов питания и состояние здоровья людей. Наибольшую опасность представляют ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, ванадий, олово и некоторые другие металлы. Отдельные тяжелые металлы являются жизненно необходимыми для человека, но в очень небольших количествах (железо, цинк, марганец и т.д.). Ионы и отдельные соединения тяжелых металлов растворимы в воде и весьма легко попадают в организм, вступая в реакции с ферментами и снижая их активность. Даже не очень большие количества тяжелых металлов вызывают серьезные физиологические и неврологические расстройства: умственная отсталость при свинцовом отравлении, врожденные уродства и психические нарушения при ртутных отравлениях и т.д.

Тяжелыми металлами окружающую среду загрязняют природные (ветровая пыль на суше и море, пожары, выделения растений, деятельность вулканов и т.д.) и антропогенные источники (металлургия, добыча природных ресурсов, сжигание нефти, угля, деревьев, мусора, отходов, производство различных удобрений, стройматериалов и т.д.). Антропогенные источники увеличивают поступление в окружающую среду свинца в 15-20, кадмия в 7-10, цинка - в 6-10 раз по сравнению с естественными источниками. Доля рассеиваемых металлов в атмосфере постоянно растет, основой чему служит усиление геохимической деятельности человека. Например, до 90% добываемой ртути уходит в окружающую среду. Примерно такая же ситуация складывается и со свинцом.

Тяжелые металлы входят в состав земной коры и в окружающую среду попадают в процессе горения и со сточными водами. Прогнозируется повышение массы тяжелых металлов во всех блоках биосферы (табл. 1). Эти данные приведены на 1980 г., а насколько они увеличились за 30 лет - в 2010 г.

Из приведенных данных видно, что основным источником поступления всех указанных элементов в биосферу является деятельность человека. Тяжелые металлы накапливаются в пищевых цепях, включая и человека. Содержание тяжелых металлов в растениях и животных заметно колеблется, что связано, очевидно, с уровнем содержания в почве и воде в отдельных регионах (табл. 2).

Таблица 1. Ожидаемая глобальная масса тяжелых металлов, тыс. тонн (1980 г.)

Элемент	Источники		
	антропогенные	природные	
Pb	2000	6	
Zn	840	36	
Cu	260	19	
V	210	65	
Ni	98	28	
Cr	94	58	
As	78	21	
Sb	38	1	
Se	14	3	
Cd	6	0,8	

Таблица 2. Содержание минеральных элементов в растениях и животных

Элемент	Растения (ррт)	КРС,	мг/кг	Куры, мг/кг
As	0,01	3-10	50	50
Cu	3-20	25-40	100	300
F	1-5	-	40	200
Cd	0,01-1	5-700	0,5	0,5
Se	0,1-2	100	2	2
Co	0,01-0,3	25-100	10	1
Ni	0,1-5	50-100	50	-

Широкое колебание в содержании отдельных минеральных элементов в сухой массе растений (табл. 3) связано со многими факторами, среди которых следует назвать возраст растений и их состояние, содержание этих веществ в почве и подпочве, а также в грунтовой воде.

Таблица 3. Концентрации минеральных веществ в растениях (ррт в сухой массе)

- TT -J	,		
Элемент	ppm		
N	2000-50000		
P	1000-20000		
K	2000-60000		
S	1000-10000		
Ca	1000-50000		
Mg	200-10000		
Na	200-40000		
Cl	500-10000		
Fe	10-500		
Mn	n 10-800		
Zn	5-400		
Cu	2-40		
В	2-80		
Mo	0,01-10		
Со	0,01-5		
Ni	0,01-10		
Cr	0-8		
Al	10-500		
Pb	1-20		

Коротко остановимся на характеристике тяжелых металлов, оказывающих особо негативное влияние на развитие живых организмов.

<u>Ртуть (Hg)</u> - серебристый жидкий металл, годовое производство которого в мире свыше 10000 т, а мировые выбросы составляют 5000 т; в море выбрасывается 4000 т (2/3 из природных и 1/3 из антропогенных источников). В воде под влиянием бактерий ртуть преобразуется в наиболее опасное соединение - метилртуть, которой ежегодно образуется до 500 т.

Металлическая ртуть относительно безопасна, особую опасность представляют пары ртути, присутствие которых в опасной дозе в воздухе вызывает тошноту, рвоту, кровавый понос, боли в животе, крошение зубов. Разлившаяся ртуть в помещениях убирается весьма тщательно. ПДК в почве не превышают 0.5~ мкг/кг, в воде - 1~ мкг/л и в воздухе-0.1~ мг/м $^3~$  Выбрасывать ртутьсодержащие приборы на свалку недопустимо.

Неорганические соли ртути - твердые соединения. Они опасны при попадании в организм с пищей или через кожу и вызывают разрушение слизистых оболочек внутренних органов (затрудняется глотание, появляются рвота и боли в животе, нарушается кровообращение и т.д.).

Наибольшую токсичность имеют органические соединения ртути, но их токсичность заметна только через несколько недель (в основном проявляются психические расстройства - раздражимость, боязливость, изнеможение, кровотечения из носа, неспособность сосредоточиться и т.д.). При поступлении в организм человека 350 мг соединений ртути наступает смерть. Тератогенное влияние оказывает метилртуть. Фунгициды, содержащие ртуть и используемые для протравливания семян, вызывают весьма тяжелые заболевания, вплоть до смертельного исхода. Такие случаи известны в Ираке (1971-1972 гг.), ФРГ (1982 г.) и Японии (1953-1969 гг.).

В Японии в бухте Минамата накопилось большое количество ртути, которая попала со сточными водами завода по производству синтетических полимеров. Концентрация токсиканта в рыбе доходила до 25 мг/кг (погибло свыше 1000 человек; у грудных детей обнаружены тяжелые нарушения психики). В организм человека метилртуть попадает с пищей - в основном с рыбой и грибами: рыба накапливает токсиканта до 0,4 мг/кг сухой массы, выращенные шампиньоны - до 1,5 мг/кг сырой массы. Ртутные соединения свободно попадают в материнское молоко, легко проникают через плаценту.

Максимальная доза попадания ртутных соединений в организм человека не должна превышать за неделю 5 мкг/кг массы тела, из которых на долю метилртути приходится всего 3,0-3,3 мкг. При ежедневном потреблении 0,5 кг рыбы, накопившей токсикантов 0,6 мг/кг, указанную норму человек набирает легко. При пот-

реблении человеком до 6-7 мкг метилртути в день симптомы заболевания проявляются рано.

Свинец (Рь) представляет собою мягкий серый с голубоватым оттенком металл, встречающийся широко в природе. Его концентрация в окружающей среде (в воздухе, воде и почве) все время нарастает, представляя угрозу для маленьких и особенно еще не родившихся детей. В организм человека попадает с пищей и вдыхаемым воздухом, содержащим свинцовую пыль и краски. Поступившая с воздухом пыль до 50% задерживается в легких, где основная масса всасывается в кровь (свыше 50%), в желудочнокишечном тракте - до 10% (у детей до 50%). При минимуме в организме кальция и витамина Д всасывание свинцовой пыли усиливается - за сутки человек потребляет до 40 мкг свинца и больше. Основная масса свинца накапливается в костях (до 90% у взрослых, и у детей - до 70%). Период полувыведения соединений свинца из организма - 10 лет. К 40 годам в костях человека может накапливаться до 200 мг свинца. Свинец легко переходит от матери в кровеносную систему плода, а также в небольших количествах проникает в мозг. Основные симптомы заболеваний человека - отсутствие аппетита, слабость, быстрая утомляемость, дрожь, нервозность, нарушение работы желудка и кишечника, импотениия, бледность, слюнотечение, рвоты, запоры, отказ почек, поражение мозга.

Предельно допустимая концентрация в воде до 40, в почве до 50 мкг/кг; в крови - до 15, у детей - до 7 мкг/100 мл. При содержании в крови до 60 мкг/100 мл поведение человека нервное, агрессивное. Поскольку окружающая среда сильно загрязнена свинцом, то он входит в состав любой пиши; растительные продукты содержат его больше, чем животные. Больше всего свинца в печени и почках животных. В районах с высокой нагрузкой автомобильного транспорта содержание свинца в продуктах может быть опасным. Относительно мало свинца в молоке, яйцах, мясе, пиве, соках, пшенице, картофеле; его содержание выше в свиной печени, вине, пресноводной рыбе, плодоовощных культурах и спарже; много его в говяжьей и телячьей печени, корнеплодах, листовых и плодовоягодных культурах. Питьевая вода обычно содержит свинца мало, ПДК для воды - до 40 мкг/л, для воздуха - 2 мкг/м³.

<u>Кадмий (Cd)</u> - блестящий тяжелый металл, получаемый попутно из цинковых руд (3 кг/т цинка). Он не является жизненно необходимым для человека. Наоборот, в организме он вызывает токсичное действие. Повышенное поступление кадмия в организм (вдыхание при концентрации 5 мг/м<sup>3</sup>) может привести к смерти. *Многолетнее* вдыхание кадмийсодержащей пыли обусловливает заболевание почек, легких, костей (болезнь "итай-итай" в Японии). Кадмий усиливает вредное действие свинца и ослабляет ценную функцию цинка, оказывает мутагенное и тератогенное действия. Кадмий и его соединения канцерогенны для человека. Наиболее предрасположены к заболеванию почки. Биологический период полувыведения кадмия 19 лет. Важнейшие источники кадмия: пища и курение (содержание кадмия в сигаретах - 1,5 мкг/кг). В среднем в организм с пищей попадает кадмия от 6 до 94 мкг/кг тела, допустимые нормы поступления в организм 1 мкг/кг тела в день. В районах с высокой плотностью населения содержание кадмия в почве выше. ПДК для почв - 1, для очистных шлаков - 20 мг/кг сухого остатка, в питьевой воде - 1 мкг/п

Содержание кадмия в говяжьих и свиных почках, в печени и грибах - до 200; в пшенице, хлебе, картофеле, рисе, корнеплодах - до 40; в ржаном хлебе, бобах, томатах, фруктах, яйцах, речной рыбе - до 20; в мясе птицы, свинине, говядине, морской рыбе, фруктовых соках, вине, пиве - до 5 и в питьевой воде, молоке, молочных продуктах - до 1 мкг/кг сырой массы.

Много кадмия вносится в почву с фосфорными удобрениями. Его содержание в растениях снижается от корней к побегам. Попавший в организм человека кадмий ресорбируется (всасывается) на 6%. Недостаток белков, кальция и железа усиливает его всасывание; в организме накапливается в почках и печени. Если с пищей попадает в организм 30 мкг/день, то организмом ежедневно усваивается 1,8 мкг. Из дыма 20 выкуренных сигарет поступает 1,1 мкг/день. Отложение кадмия у некурящих мужчин составляет 15, у курящих - около 30 мкг/день. Печень и почки курящих содержат до 6, у некурящих - до 3 мг/кг.

Кадмий проникает через барьер плаценты, но в теле новорожденных его содержится мало. Концентрация кадмия в городской местности - до 50 и в сельской местности - до 5 нг/м $^3$  (содержание в

земной коре - до  $10^{-9}$  нг/г). Сжигание автопокрышек и мусора, а также горная металлургия - важные поставщики кадмия в природу. Мобилизацию кадмия вызывают также кислотные дожди.

Мышьяк (As) - весьма распространенный полуметалл. Элементарный мышьяк мало ядовит, но нарушает развитие плода. Наибольшую опасность представляют соединения мышьяка, поглощаемые через кожу, и еще быстрее через легкие и пищевод. Доза до 0,3 г для человека смертельна. Его присутствие в организме вызывает хронические отравления с проявлением нервных заболеваний, слабости, зуда, онемения конечностей, атрофии костного мозга, изменения печени. Соединения мышьяка канцерогенны. Они накапливаются в пищевых цепях: в креветках - до 70, в рыбах до 200 мкг/кг, в свинине почти в 10 раз выше, чем в говядине и телятине, в минеральной воде - до 190 мкг/кг. ПДК в воде - до 40 мкг/л.

Олово (Sn) - особую опасность представляют его минеральные соли и большинство органических соединений. Допускается бактериальное превращение олова в токсичные метилоловянные соединения. В неорганической форме олово в значительных количествах содержится в консервированных продуктах. В организме человека содержится около 30 мкг олова; наличие его соединений в организме обусловливает рвоту, спазмы, нарушение равновесия, сердечной и дыхательной деятельности и даже кому.

В окружающую среду попадает с промышленными стоками, из защитных покрытий древесины, поливинилхлоридной тары. Упакованные в эту тару пищевые продукты содержат до  $1~{\rm Mr/kr}$  оловоорганических соединений. ПДК оловосодержащих соединений в продуктах - до  $2~{\rm Mr/kr}$ .

<u>Цинк (Zn)</u> - жизненно важный для всех организмов; в организме человека содержится до 2,3 г, дневная норма потребления организмом - до 15 мг. Опасность вызывает вдыхание соединений цинка: при вдыхании паров оксида цинка повышается температура, появляются боли в мышцах и сосудах, озноб, кашель, потовыделение. К канцерогенным относятся хромат цинка (негативные свойства отводятся хрому). Содержание цинка в почвах доходит до 300 мг/кг (вблизи дорог почва сильно загрязнена цинком, поскольку в шинах содержится оксид цинка), в воде - около 10 мг/л. ПДК в питьевой воде 1 мг/л (СССР) и 0,1 мг/л (Япония).

<u>Сурьма (Sb)</u> - широко встречается вместе с серой и мышьяком. На живые организмы воздействует по аналогии с мышьяком: вызывает воспаление роговой оболочки глаз, нагноение носовой перегородки и т.д. ПДК для воздуха рабочих мест до  $0.5~{\rm Mr/m}^3$ . Распространяется с дымом и пылью.

Медь (Си) - светло-красного цвета нерастворимый металл. Отравления вызывают сопутствующие примеси мышьяка и свинца. В организм человека ежедневно поступает до 5 мг меди в форме различных соединений, но всасывается всего лишь 5%. Для водорослей, грибов и бактерий медь является ядом. Меди накапливается мало в молоке, в зерновых культурах, но много ее содержится в мясе (внутренние органы), рыбе, орехах, какао, красном вине, зеленых овощах. Содержание меди в почве до 30 мг/кг, в воздухе - до 90 нг/м³, в растениях - до 20 мг/кг сухой массы. ПДК для питьевой воды - до 0,1 мг/л.

Молибден (Мо) - необходимый организму элемент, активирующий энзимы, в природе встречается везде, выделяется при сгорании нефти и каменного угля. Сильно ядовит в высоких концентрациях.

<u>Никель (Ni)</u> - для ряда животных жизненно важный элемент, но в некоторых соединениях является ядовитым: его соединения вызывают аллергию (сплавы никеля в ювелирных украшениях), некоторые соединения считаются канцерогенными. Сплавы Ni используются при изготовлении кухонной посуды, столовых приборов, монет, аккумуляторов и т.д.

5. Удобрения. Применение растворимых удобрений загрязняет питьевую воду в результате их вымывания из почвы, повышает содержание нитратов, фосфатов и других соединений в растительной пище и заболеваемость культурных растений. Негативным является также высокое потребление энергии при синтезе азота (например, на изготовление 1 т азотного удобрения расходуется больше 1 т нефти). Не содержащие азот удобрения почти безвредны для природы, если не учитывать содержание в них сопутствующих тяжелых металлов. Производство нитрата аммония сопровождается загрязнением воздуха: нитратом аммония (до 10), аммиаком (до 2,5 кг/т удобрений); загрязнением водоемов сточными водами: нитратом аммония (до 5), аммиаком (до 2,5), азотной кислотой (до 2,5 кг/т удобрений).

При производстве фосфорных удобрений выделяется значительное количество загрязняющих веществ. Например, в воздух поступают: пыль - фосфорные породы (до 5), газообразные соединения фтора (до 1), фосфаты (до 2 кг/т  $P_2O_5$ ); со сточными водами сбрасываются водородкремнийфтористые соединения (до 20 кг  $H_2SiF_6$  на 1 т  $P_2O_5$ ), фосфорные породы (до 2) и фосфаты (до 3 кг/т  $P_2O_5$ ). Суперфосфат содержит 160 мг фтора на 1 т удобрений.

На 1 кг навоза и птичьего помета приходится: Zn - 450-2500, Cd - 0,6-1,7, Mn - 300-750, Cu - 350-1000, Pb - 5,5-18, Hg - 0,04-0,3, Co - 4<1-10,8 мг/кг сухой массы.

При производстве азотно-фосфорно-калийных удобрений в воздух поступают: минеральная пыль (до 2), аммиак (до 5 кг/т NPK), в небольших количествах соединения фтора; в водоемы со сточными водами поступает минеральная пыль (до 10), аммиак (до 1), соединения фтора (до 0,1 кг/т NPK). Все удобрения вносят свой вклад в эвтрофикацию водоемов, но главную роль играют соединения азота и фосфора. Применение технических фосфатов в удобрениях и моющих средствах усиливает загрязнение природы тяжелыми металлами. Так, в сточных водах в последние годы заметно повысилось содержание кадмия и никеля.

Фосфаты, потребляемые человеком в больших количествах при использовании плавленых сыров, сгущенного молока, различных напитков типа пепси и коки, вареных колбас и сосисок, в случае недостатка кальция в организме (связно с сокращением потребления молока), способствуют обеднению скелета кальцием, что обусловливает хрупкость костей. Есть сведения о значительном поведенческом отклонении при потреблении человеком фосфатов в большом количестве.

Соли азотной кислоты – нитраты, представляют собою широко применяемые удобрения. Кроме того, их используют в качестве добавок в продуктах питания. Применение больших доз этих солей в качестве удобрений ведет к повышению нитратов в воде и во многих культурах (овощные, корнеплоды). ПДК по нитратам для питьевой воды в США не более 10 мг/л, в нашей стране - 45 мг/л. Большое количество нитратов накапливают свекла, редька, капуста; самое большое количество нитратов содержат тепличные овощи. Около 70% всех нитратов в организм человека поступает с овощами.

Сами нитраты сравнительно нетоксичны, но бактерии, обитающие в организме человека, могут превращать их в более токсичные нитриты ( $NO_3 \rightarrow NO_2$ ), реагирующие в желудке с аминами (из молочных продуктов) и образующие канцерогенные соединения нитрозамины. В связи с этим добавки нитратов к продуктам необходимо запретить. Некоторые нитраты используют для посола мяса и рыбы. Такое мясо сохраняет розово-красный цвет, имеет привлекательный вид и не образует опасных бактериальных ядов (например, ботулизма). Однако и сами нитраты ядовиты. Уже при дозе нитратов 2 г отмечается рвота, даже потеря сознания.

Нитрозамины могут образовываться и в продуктах - в темном старом пиве, в некоторых косметических средствах, в табачном дыму. В машинных маслах обнаружено до 3% нитрозаминов. Из ныне известных канцерогенов нитрозамины являются наиболее опасными. Весьма часто встречается желтая жидкость (компонент ракетного топлива) - нитрозодиметиламин (канцероген). В организме человека общее суточное количество нитрозаминов составляет примерно 10 мкг, а в течение жизни накапливается до 4 мг на 1 кг веса и больше. Доза нитрозаминов в 20 мг/кг веса (из расчета на весь жизненный период) является причиной образования опухолей. Каждая сигарета содержит примерно 1 мкг нитрозаминов.

6. Накопление ядохимикатов и их хранение. Практически все ядохимикаты отличаются большой способностью к накоплению. Первоначально безвредные малые дозы за длительный период концентрируются в организме до токсичного уровня, оказывая отрицательное влияние на здоровье. Аккумулирование ядохимикатов организмами определяется рядом обстоятельств и, прежде всего, невозможностью биологического распада большинства веществ. Например, химические реакции не разрушают тяжелые металлы, а хлорорганические соединения распадаются только при очень высокой температуре. Кроме того, в организме отсутствуют ферменты, способствующие разложению хлорсодержащих углеводородов. Немаловажное значение имеет то, что все ядохимикаты легко поглощаются организмами, но из организма выводятся очень слабо: тяжелые металлы прочно связываются с белками, а в жирах хорошо накапливаются хлорорганические соединения, которые в воде очень плохо

растворяются. Иными словами, ядохимикаты поступают в организм с пищей и накапливаются в тканях, как в губке.

Как правило, аккумулирование ядохимикатов по звеньям пищевой цепи усиливается снизу вверх; используя энергию организмов предыдущего звена, каждое последующее звено, уменьшаясь в объеме, увеличивает в процентном отношении в массе своих органов долю ядохимикатов. Именно этим можно объяснить увеличение концентрации ядохимикатов в верхних звеньях в 10.000-100.000 раз по сравнению с внешней средой. Летальные исходы в связи с этим в верхних звеньях пищевой цепи далеко не единичны. Весьма трудно (скорее невозможно) заметить опасный уровень концентраций ядовитых веществ, а когда этот уровень будет установлен, то что-то сделать уже невозможно.

Серьезность последствий биологического концентрирования ядохимикатов для человека была отмечена уже в 60-70-е годы XX века: широко известная трагедия, произошедшая в 50-е годы в небольшом рыбачьем поселке Минамата (Япония), началась с кошек, у которых отмечали судороги, паралич, а затем гибель. Позднее, в конце 60-х годов аналогичные симптомы были отмечены и у людей, у которых отмечали случаи умственной отсталости. Причиной всему было отравление ртутью, которую выбрасывал химический завод со своими отходами в реку, входившую в залив, где жители поселка занимались ловлей рыбы. Ртуть накапливалась в детрите, который служил пищей для бактерий, а затем поступала в пищевую цепь. Кошки, питавшиеся почти одной рыбой, быстрее испытали на себе действие ртути. В организме людей накопление ртути затянулось в связи с тем, что рыба не занимала всего объема рациона людей.

Резкое сокращение популяций ряда хищников, особенно птиц, было отмечено также в 60-е годы XX столетия. Изучение этой проблемы показало, что основная причина такого явления - это пестициды, и прежде всего ДДТ. Рыбы интенсивно накапливают хлорорганические соединения, передавая их дальше по звеньям цепи питания. По массе используемых пестицидов во всем мире на первом месте стоят гербициды (50-55%), затем фунгициды (35-38%), дефолианты (8-10%) и инсектициды (5-8%). Все остальные виды в сумме составляют 2-3%.

В отдельных районах на гербициды приходится до 70% объема промышленных пестицидов. Долгое время негативное действие гербицидов не признавалось. И только несколько отравлений паракватом, который в почве практически не разлагается и потому считался неядовитым, заставили ученых и практиков посмотреть на гербициды с другой стороны. Многие гербициды имеют весьма токсичные производственные примеси (например, 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоте сопутствует диоксин). Гербициды создают немалую угрозу загрязнения грунтовых вод. Например, в районах применения атразина, симазина и т.д. эти вещества обнаружены в грунтовке в весьма высоких концентрациях. Концентрация атразина в воде свыше 0,1 мкг/л в США считается очень опасной; ПДК в нашей стране допускает 2 мкг/л.

Гербициды входят в число важнейших факторов, обусловливающих гибель растений и животных. Если в доисторические эпохи один вид вымирал за 2000 лет в расчете на площадь суши 15-20 млн. км², то с наступлением промышленной эры (последние 300 лет) один вид погибал каждые 10 лет. В настоящее время каждый год исчезает один вид. Если учесть, что гибель одного вида негативно сказывается на жизнеобитании еще 2-3-десятков видов, то нетрудно себе представить возможные потери видового многообразия в стране и в мире в ближайшие годы. Если разложить "вину" за ускоренную гибель организмов, то на долю сельского хозяйства приходится от 35 до 50%, а из последних на долю гербицидов - до 70%.

Фунгициды включают высокотоксичные соли тяжелых металлов (в прошлом), а в настоящее время и хлорированные углеводороды, ртутьорганические соединения, эфиры фосфорорганических кислот. В течение длительного времени используется также сера. Все они достаточно токсичны.

Инсектициды объединяют хлорированные углеводороды, природные вещества с инсектицидным действием, а также органические соединения фосфорной кислоты. Широкое применение получили ДДТ, альдрин и другие галогенуглеводороды, к сожалению, очень токсичные для человека: они плохо разлагаются в природе, накапливаются в организмах и вызывают весьма негативные последствия. ДДТ запрещен, а производство других галогенуглеводородов сокращено.

Инсектициды на базе природных веществ (в основном пиретроиды), получаемые раньше из хризантем, а затем синтезируемые синтетически, менее опасны для человека, хотя и весьма аллергены. Самыми токсичными являются эфиры, фосфорорганические кислоты (малатион, паратион и др.). Они очень быстро разлагаются в почве, и это затрудняет обнаружение их остаточных количеств в продуктах. Установлено, что некоторые их метаболиты превосходят по ядовитости исходные формы.

Совсем нелишне напомнить, что все больше сорняков, вредителей и болезней обнаруживают устойчивость против химических препаратов соответствующего профиля. Решение проблемы необходимо искать в организации научно обоснованных севооборотов и переводе сельскохозяйственного производства на альтернативное земледелие.

Действие ядохимикатов усугубляется тем, что объединенное действие (явление синергизма) двух и более веществ заметно превышает суммарный эффект отдельных компонентов. Некоторые ядохимикаты отрицательно влияют на иммунную систему организма, что увеличивает возможности его инфицирования паразитами и болезнями и, естественно, снижает устойчивость организма к различным колебаниям природных факторов.

Очень большая проблема заключена в очистке функционирующих хранилищ ядовитых веществ. Безусловно, это связано с большими затратами, но они значительно меньше, чем если восстанавливать качество грунтовой воды или забрасывать загрязненные источники и искать источники в другом месте. Для организации очистки хранилищ необходимо разработать Программу и, что особенно важно, создать специальные Фонды, которые бы обеспечили материальную сторону изучения состояния функционирующих хранилищ и проведения их очистки.

Природоохранные законы (или указы) должны быть основополагающими в деятельности контролирующих органов (например, санэпиднадзор) и предприятий, технологии которых допускают производство ядовитых отходов. Безусловно, не всегда следует сразу прикрывать производство до совершенствования технологий. Допускается (если это не сопряжено с летальными случаями или массовым заболеванием) предоставление предприятию определенного

срока, в течение которого оно постепенно снизит выбросы, не сокращая производства. Такая программа уменьшения выбросов разрабатывается совместно предприятием и контролирующим органом с учетом, что за отведенный срок концентрация ядовитых веществ в грунтовой воде по основным показателям не очень сильно возрастет. За невыполнение Программы предприятие платит крупные штрафы, а в План действия вносятся поправки.

В решении экологических проблем большое значение имеет отношение к ним правительства и служебных органов. При нерешительности компетентных органов продление сроков работы заводов, выбрасывающих ядовитые отходы, может быть бесконечным. Не менее важно то, что мониторинг грунтовых вод проводится не везде и его проведение далеко от требуемого уровня. Нередко предприятиям выгоднее уплатить штраф, чем менять технологические линии и улучшать систему очистки. Кроме того, частные предприятия нередко живут как бы вне закона.

В настоящее время еще значительные количества ядовитых веществ попадают в грунтовые воды и следствием от их действия являются гибель биоты или тяжелые заболевания человека в отдельных районах. Необходимо наладить должный учет количества разных видов отходов в местах их производства и в местах захоронения. Открытие новых хранилищ должно соответствовать сегодняшнему технологическому уровню, и на него требуется разрешение экологических служб. Это не избавляет от ответственности производителя отходов, и при возникновении каких-то проблем завод (виновник) должен их устранить. Бесспорно, что часть (может даже большая) ядовитых отходов остается за пределами контроля, особенно у малых производств, частных фирм и жилых домов. Может быть сильно загрязнен канализационный ил, если в канализацию сбрасываются промышленные стоки, часто нелегально и без соответствующей очистки.

К сожалению, некоторые предприятия обходят природоохранные законы. Еще большую опасность представляют западные технологии, которые прямо "текут" в Россию, поскольку контроль здесь за загрязнением в последние годы ослаблен, меры безопасности и охрана труда намного слабее, чем в развитых капиталистических странах. Именно этот путь сейчас опасен и ведет к интенсивному

загрязнению как поверхностных, так и грунтовых вод. Хорошо известен случай в Бхопале (Индия), где в 1984 г. на заводе фирмы "Юнион-Карбайд", выпускавшем пестициды, произошла утечка метилизоцианата (очень ядовитый газ), вызвавшая гибель 3300 человек (сразу погибло 2000) инвалидность свыше 20000 человек, включая ослепших. Очень важны с точки зрения контроля и анализа ситуации сведения о суммарных объемах отходов, выбросов, утечек, независимо от их концентрации, объема и продолжительности выбросов.

В нашей стране выбрасывалось ежегодно свыше 39 кг ядовитых отходов на человека (около 20% в воздух и 80% в воду и почву). Безусловно, что такое положение не может быть принятым и требуется последовательная государственная политика по решению этой проблемы, основанная на глубоком научном анализе.

7. Проблемы захоронения отходов. Ядовитые вещества всех уровней из года в год накапливаются, и нужна четкая система их использования, ликвидации и захоронения. Хранилища этих веществ должны иметь хорошую изоляцию, и их необходимо строить качественно.

При запрещении сброса химических и промышленных отходов в реки их стали направлять в канализационные стоки. Когда же запретили сброс отходов в канализационные системы, тогда появились пруды, куда сбрасывали не только стоки с низким, но и с опасным уровнем концентрации. Некоторые заводы складируют отходы на своей территории, что тоже не выход. Наиболее широко для захоронения ядовитых отходов используют специальные колодцы, пруды и могильники.

Колодцы представляют собою глубокие скважины в зоне сухого пористого слоя ниже грунтовых вод под водонепроницаемым слоем, куда закачивается вредная жидкость, которая впитывается в поры и остается изолированной от грунтовой воды. Но такие факторы, как неудачная облицовка, ведут к прорыву отходов, образованию трещин в грунте в результате землетрясений, коррозия ведет к прорыву трубы и утечке отходов из хранилища.

Значительную часть ядовитых отходов хранят в специальных прудах, строительство которых дешевле, чем колодцев, особенно для хранения промышленных стоков с низкой концентрацией вред-

ных веществ. Пруды обустраиваются облицованными стенками и водонепроницаемым основанием. Нерастворенные вещества оседают на дне. Пруды функционируют по принципу: приход стоков равен испарению. При плохо устроенных стенках и основании промышленные стоки просачиваются в грунтовку. Кроме того, летучие вещества (например, растворители органические) испаряются в атмосферу и с осадками выпадают в различных местах региона. Возможны также разливы при сильных ливнях.

Могильники устраиваются для захоронения концентрированных отходов в контейнерах. Они должны быть хорошо спланированы и оборудованы аппаратурой для улавливания изменения ситуации при возможной утечке. Этот способ менее опасен, особенно первые годы. Но с годами изоляция контейнеров может выходить из строя и утечка ядовитых веществ неминуема.

Многие могильники, пруды и колодцы строятся без соблюдения всех мер предосторожности, что способствует загрязнению грунтовых вод и даже выходу жидких отходов на поверхность. Такие "выходы" отходов, особенно хлорсодержащих углеводородов, вызывают различные аномалии - от ожогов и сыпи до нервных и биохимических расстройств, увеличение выкидышей, рождение до 50% детей с дефектами (обычно 1 на 100) и т.д.

Практически до конца 70-х годов никого особенно не интересовали проблемы захоронения отходов химических заводов. И только после того, как на Западе забили тревогу по нескольким особенно опасным случаям заболеваний, массовым в местах захоронения отходов, тогда и в нашей стране начали строить пруды и хранилища (могильники). Если учесть, что в год в нашей стране производилось свыше полутонны опасных отходов на человека и основная их часть размещалась в неприспособленных хранилищах (не обустроены системами улавливания утечки ядов, пол не всегда был надежен и т.д.), то можно представить, какой большой объем водных ресурсов загрязнялся даже при небольшой уточке ядов. В новых, не говоря уже о старых хранилищах, не всегда обустраиваются пункты мониторинга для выявления возможной утечки ядовитых отходов.

Трудно найти места правильного хранения ядовитых отходов, и потому нередко грунтовые воды загрязняются. Иногда в питьевой воде обнаруживаются синтетические органические соединения, от-

личающиеся способностью к существенной аккумуляции. Безусловно, в такой ситуации, во-первых, трудно определить их допустимый уровень накопления в организме, а во-вторых, мало что известно об их синергизме.

8. Перспективы сокращения отходов. Сейчас всем ясно, что даже при оптимальном варианте хранения ядовитых отходов в хранилищах мы не достигаем абсолютно безопасного положения - ведь яды (продолжительность их активности) более долговечны, чем их изоляция в хранилищах. Каковы направления сокращения и уничтожения отходов? Основные пути снижения количества отходов следующие: 1) улучшение технологии производства основных материалов и сокращение отходов, 2) использование для роста производства более подготовленного сырья, 3) повышение качества продукции через лучшую подготовку специалистов высокого класса.

Большие затраты на хранение отходов заставляют производителей искать выход и, в частности, всячески сокращать производство отходов через совершенствование производственного процесса, обеспечивающего снижение объема токсикантов. Необходимо также учитывать возможность рециклизации тяжелых металлов, которые можно выделить из отходов с помощью химических реакций. Возможно также использование золы для производства различных изделий (керамики, кирпича, блоков и т.д.).

Естественные и искусственные органические вещества отходов хорошо горят, включая отдельные огнеупорные хлорсодержащие углеводороды, которые разлагаются до воды, углекислого газа и других безвредных соединений хлора под влиянием высокой температуры в печах обжига цемента. Иными словами, цементные заводы можно использовать для уничтожения опасных ядовитых отходов, смешивая их с нормальным топливом и подавая в печь, где они разрушаются и выделяют тепло. Содержащиеся в золе ядовитые вещества смешиваются с цементом, образующим для них своего рода "саркофаг". Можно также строить специальные крематории для уничтожения ядовитых веществ. Это будет значительно менее опасно, чем накапливать отходы в виде ненадежных прудов или могильников.

Синтетические органические вещества практически не поддаются (пока) биологической деградации, хотя отдельные штаммы

бактерий способны медленно разрушать такие соединения. В настоящее время ученые работают с рядом штаммов, чтобы методами селекции получить популяции, активно разрушающие синтетические отходы. Прорабатываются варианты их обработки, аналогичные вторичной очистке бытовых вод.

Не учитывать серьезность проблемы возможного заражения ядовитыми веществами грунтовых вод и почвы нельзя, поскольку их поступление в организм по пищевым цепям и с водой через последующее накопление может вызвать очень тяжелые последствия и сказаться на генофонде завтра и на здоровье человека сегодня. К сожалению, случаи отравления и даже гибели людей, работающих с отравляющими веществами, пока нередки. Это происходит прежде всего из-за экологической безграмотности людей и их плохой осведомленности об опасности ядовитых материалов. Основная вина в этом лежит на специалистах и администрациях заводов и медицинской службы, которые мало информируют своих работников об определенной опасности используемой технологии. Именно администрация несет ответственность за неинформированность работников об опасности ядовитых веществ. Недопонимание серьезности ситуации с технологиями в сочетании с халатностью работников нередко приводит к тяжелым последствиям. Примером этого может служить случай в Бхопале (Индия).

Известны случаи, когда пламягасящие вещества дали скоту вместо комбикорма, и хотя животные получили небольшую дозу ядовитого вещества (оно отличалось кумулятивными свойствами), у многих людей, например в Германии в 2010 году, потреблявших в пищу мясо этих животных, были отмечены различные расстройства. Естественно, что загрязняющее вещество в экосистеме оставалось надолго. В штате Миссури (США) уничтожили целый город (Таймс-Бич), поскольку пыльные дороги опрыскивали отработанными нефтепродуктами с наличием диоксина, который был распространен наводнением по всему городу.

Нередки случаи аварий транспорта, перевозящего различные ядовитые вещества по железным и шоссейным дорогам и водным путям; аварии с нефтеналивными судами и т.д. Если в какие-то годы аварий было меньше, чем в другие, то это чистая случайность, хотя

соответствующие органы и стремятся совершенствовать такие технологии.

Аварии на трубопроводах - еще один очень опасный источник загрязнения; пункты перегрузок в портах и на железных дорогах также являются в этом отношении местами повышенной опасности. Безусловно, нельзя полностью прекратить выпуск ядовитых и вредных веществ, и наиболее оптимальным выходом может быть только разработка совершенной технологии их получения, перевозки, хранения и использования.

Население и администрация региона могут играть определенную роль в снижении опасности:

- не использовать транспорт, перевозящий ядовитые вещества (хлорированные углеводороды, тяжелые металлы), на другие нужды;
- не сливать в канализацию воду, использовавшуюся для очистки такого транспорта;
- отмечать в местах проживания появление загрязнения воды, почвы, воздуха, странного запаха и т.д.
  - не допускать сжигания ядовитых органических веществ;
  - оказывать помощь при авариях и т.п.

Защищать природу, а значит, и людей - долг каждого нормального человека. Ведь именно человек создал основную массу тех веществ, которые отравляют животных и его самого. Например, в организме китов-белух в реке Святого Лаврентия в Канаде обнаружено свыше 20 отравляющих веществ (ПХБ, бенз(а)пирен, выделяющийся при плавлении алюминия, хлорбензол, ДДТ, другие пестициды, тяжелые металлы и т.д.), обусловивших такие заболевания животных, как гепатит, прободную язву, рак мочевого пузыря и др. Правительством Канады выделен фонд 2,4 млрд долларов на 10 лет для очистки реки Святого Лаврентия.

Население того или иного района должно четко осознать, что правильное уничтожение ядовитых отходов, их сокращение, регулярная очистка всех типов хранилищ, совершенствование технологии использования, перевозки и хранения - это важнейшие направления в деятельности человека, обеспечивающие развитие экономики, улучшающие благосостояние и сохраняющие здоровье людей.

## ГЛАВА 4. СТОЧНЫЕ ВОДЫ

Различают три типа сточных вод: бытовые, промышленные и ливневые. В бытовых стоках, включающих сливы кухни, туалета и ванны, представлен весьма широкий набор биогенов, органических веществ (в составе живых и мертвых организмов), а также моющих и чистящих химикатов, нередко очень трудно поддающихся дезактивации и очистке. В промышленных стоках состав активных соединений определяется направлением производства. Например, в пищевой промышленности при переработке рыбы, мяса, овощей в стоки сбрасывают высококонцентрированные органические вещества, в стоках металлургических заводов концентрируются тяжелые металлы и т.д.

В лѝвневые стоки попадают практически все отходы, выбрасываемые промышленностью в воздух и плюс к этому все те вещества, которые выпадающие дожди смывают с растений (биогены), а также с поверхности строений, дорог, распаханных угодий и т.д. Остановимся на характеристике первых двух типов стоков, оказывающих катастрофическое воздействие на качество поверхностных и грунтовых вод, способствующих усиленной эвтрофикации водоемов и интенсивно влияющих на динамику экосистем.

1. Бытовые сточные воды. Бытовые стоки состоят на 99,9% из воды и 0,1% твердых отходов; последние в свою очередь делятся на 1) нерастворимые органические вещества (живые организмы - редуценты и патогены, экскременты, отходы пищи, тканей и бумаги), находящиеся во взвешенном состоянии, 2) растворенные вещества (биогены в виде соединений азота и других веществ, выделившиеся из продуктов жизнедеятельности редуцентов, а также

из дезинфицирующих средств - детергентов, 3) механический мусор (тряпки, пакеты из ваты и марли, гравий, песок и т.д.).

Канализационные бытовые стоки несут большое количество биогенных веществ, патогенных микроорганизмов и паразитов. Органическое вещество бытовых стоков используется детритофагами, которые в процессе дыхания потребляют кислород. Сами бактерии не испытывают угнетения (они способны вегетировать в анаэробных условиях). Особенно это важно для застойных водоемов, где из-за недостатка кислорода в воде жизнь рыб очень затруднена; кроме того, продукты, разлагающиеся без доступа кислорода, имеют неприятный запах (это свойственно давно функционирующим канализациям). При недостатке кислорода усиливается опасность заражения патогенами, многие из которых дольше живут в анаэробных условиях, чем в богатой кислородом среде, где они могут быть съедены другими организмами или быстрее погибают.

Бытовые стоки по химическому составу различаются по регионам страны и сезонам года. В их составе много растворенных химических веществ, применяемых при стирке белья, очистке посуды и т.д. Кроме того, в стоках много органических остатков (экскременты, часть пищевых отходов, отмытые от овощей и фруктов частицы почвы, бактерии, грибы и т.д.). Учитывая такую структуру, нетрудно представить, что бытовые стоки являются опасным источником патогенов, поскольку их носителями могут быть люди и домашние животные, выделяющие с экскрементами паразитов, вирусов, бактерий. Поэтому попадание бытовых стоков в места купания (при их выбросе в реку) или в источники питьевой воды (при отсутствии системы их очистки) может быть причиной заражения здоровых людей. Возможны также передачи патогенов по пищевой цепи: паразиты - рыба - человек. В связи с этим места выброса в реку неочищенных стоков нельзя использовать для ловли рыбы.

Опасность заражения усиливается при увеличении плотности населения, т.е. в городах эта опасность выражена сильнее, чем в станицах. Поэтому нет сомнения, что сооружения по очистке бытовых стоков и их дезактивации в первую очередь необходимо совершенствовать в городах, особенно в крупных. Типичным и наи-

более распространенным заболеванием (нередко в масштабе эпидемий) в прошлом веке был брюшной тиф. В настоящее время приняты относительно эффективные на сегодняшний день мероприятия, сдерживающие развитие патогенов: а) хлорирование запасов питьевой воды, б) дезинфекция бытовых стоков, в) повышение личной гигиены человека, г) повышение гигиенической грамотности населения и ответственности руководителей коммунальных служб.

2. Промышленные сточные воды. Химический состав промышленных сточных вод определяется видом выпускаемой тем или иным предприятием продукции. В отличие от бытовых стоков, которые обрабатываются на их конечном сборнике перед спуском в водоем, промышленные стоки должны дезактивироваться на том же предприятии, на котором они образуются. Обработка этих вод и их переброска в водоемы заметно отличается от этих процессов для бытовых стоков. По большому счету, обработка сточных вод на каждом предприятии должна вестись согласно своему технологическому процессу.

Металлообрабатывающая промышленность. Целый ряд производств (гальванические, анодирование алюминия и его сплавов, травление) образуют немало ядовитых сточных вод. Сходные по составу сточные воды образуются также в электронной и электротехнической промышленности, где используются те же технологии. В сточных водах гальванического производства накапливаются хроматы и цианиды, весьма высокотоксичные соединения. Их следует обязательно нейтрализовать и обезвредить. Удаление жиров проводят растворителями (включая и хлорированные углеводороды).

Пищевая промышленность. При переработке сельскохозяйственной продукции и выработке пищевых продуктов образуется большая масса сточных вод (много воды расходуется на очистку фруктов, овощей, корнеплодов, на промывку картофеля, на смыв отходов и т.д.). Количество поверхностных вод (м³), расходуемых на переработку 1 т продукции, широко варьирует по различным производствам. Например, на переработку 1 т сахарного тростника расходуется до 2 т воды, 1 т сахарной свеклы - до 1 т воды, а при переработке горошка на 1 т продукции расходуется до 10 т воды,

на 1 т рыбы - 25-30 т воды, на 1 т пива - до 250 т воды, на 1 т крахмала - до 5 т воды, на 1 т молока - до 3 т воды, на забой 1 животного - от 1 т (крупный рогатый скот) до 0.5 т воды (свиньи).

Ингредиенты сточных вод (белки, жиры, спирты и т.д.) различных отраслей пищевой промышленности в основном легко дезактивируются и разлагаются. Этим объясняется быстрое развитие в стоках этого типа анаэробных процессов разложения и образование тяжелого запаха. Очистка сточных вод этой отрасли промышленности ведется двумя способами - механическим (по типу первичной очистки) и биологическим (по типу вторичной очистки).

Из приведенных данных расходования воды на переработку продукции видно, что общие объемы сточных вод любого производства этой отрасли весьма внушительные. Каковы меры по снижению сброса сточных вод в этой отрасли?

- 1. Экономное расходование воды.
- 2. Регенерация основных ингредиентов сточных вод (белки, углеводы, витамины, ферменты).
  - 3. Организация повторного водоснабжения.

*Целлюлозно-бумажная промышленность*. Эта отрасль отличается образованием большого количества сточных вод, характеризующихся высокой токсичностью. Производство 1 т целлюлозы образует более 1000 т стоков, накапливающих весьма ценные соединения, которые можно извлекать и использовать как сырье в народном хозяйстве (метанол, сернистая кислота, фурфурол и др.). Основные направления в сокращении объема стоков в этой отрасли следующие:

- 1. Организация возвратного водоснабжения.
- 2. Рациональное использование производимой целлюлозы, а значит и бумаги.

Химическая промышленность. В отличие от других видов производства сточные воды химической промышленности значительно выделяются объемностью и, самое главное, ядовитостью. Основную проблему создают в стоках этой промышленности трудно распадающиеся соединения, которые далеко не полностью дезактивируются в очистных установках отдельных заводов. К веществам такого типа относятся некоторые красители, хлорированные углеводороды и т.д. Некоторые соединения (например, хлори-

рованные углеводороды) накапливаются в экосистемах и потому создают угрозу существования последних.

Для очистки сточных вод предприятий химической промышленности предпочтительно применять 3 этапа очисток: механическую, биологическую и для контроля - химическую. Вещества, разлагаемые биологически, дезактивируются до 94-98%, доля обезвреживания трудно распадающихся веществ значительно уступает и редко превышает 75-80%. Основные направления сокращения стоков в данной отрасли промышленности следующие:

- 1. Экономное расходование продукции химических заводов.
- 2. Совершенствование технологии производства химической продукции.
  - 3. Совершенствование технологии очистки сточных вод.
- 3. Очистка сточных вод бытовых стоков. Самый простой способ избавления от таких сточных вод в прошлом это устройство туалета вдали от дома. Однако с увеличением численности населения этот способ уже не решал проблему удаления отходов от человеческого жилья. Кроме того, нередко стоки из столь просто устроенных туалетов попадали в грунтовку. Тем более, что уже в прошлом веке было установлено, что некоторые инфекционные заболевания вызываются бактериями бытовых стоков. Именно эти обстоятельства подтолкнули к разработке систем очистки различными способами бытовых стоков вплоть до современных технологий.

Очистка сточных вод выполняется в основном на очистных сооружениях и делится на несколько этапов. При механической очистке из сточных вод отделяются крупные механические примеси (гравий, песок, взвешенные частицы) с использованием решеток, песколовок, отстойников. Биологическая очистка с помощью бактерий минерализует и удаляет растворимые органические вещества сточных вод. Все виды очисток позволяют убрать из сточных вод до 95% минеральных и органических примесей. Доочистка дает возможность убрать оставшиеся примеси. Современные технологии включают до четырех стадий очистки, включая предочистку, первичную и вторичную очистки и доочистку. Безусловно, не во всех случаях необходимо прибегать к использованию всех этапов и способов очистки.

Предочистка. Первоначально бытовые стоки пропускают через решетку из металлических стержней, от стоящих друг от друга на 2-3 см, где оседает крупный механический мусор, который затем собирают и компостируют. После системы решеток бытовые стоки накапливаются на некоторое время почти без движения в отстойнике, где оседают мелкий гравий, песок и другие механические примеси (95%), а также часть органических нерастворимых веществ (до 15%). В зависимости от состава осадок используется или в качестве улучшителя почвы (особенно на песчаных почвах) или же вывозится на площадку и компостируется (в случае наличия органического вещества в осадке).

Первичная очистка. Дальше бытовые стоки снова поступают в другие отстойники, где находятся несколько часов без движения, что позволяет частицам нерастворимых органических веществ (до 50%) оседать в виде ила на дне отстойника. Затем ил выбирают и используют как ценный материал для удобрений сельхозкультур, а воду с остатками веществ переводят в следующий отстойник. Все маслянистые вещества выходят на поверхность, откуда их нетрудно удалить чисто механически.

Вторичная очистка. Во вторичный отстойник поступает вода, в которой содержится основная часть растворимых веществ и до 50-60% нерастворимых органических частиц. При вторичной, или биологической, очистке добиваются ликвидации из бытовых стоков оставшихся после первичной очистки нерастворенных органических веществ. В проведении этой очистки основную роль играют живые детритофаги, использующие в качестве энергии органическое вещество сточных вод, превращая его в углекислый газ и воду. С этой целью можно использовать систему капельных биофильтров или активного ила.

В случае капельного биофильтра вода из первичного отстойника разбрызгивается на настил камней высотой до 2 м и больше, где редуценты (бактерии: кокки, стрептококки, палочки, сальмонеллы, сарацины, бациллы, многожгутиковая бактерия, спириллы; простейшие: жгутиковые, амебы, коловратки, инфузории; грибы) и детритофаги используют органику протекающей воды, которая затем собирается в нижней части фильтра. Из этого простого перечня организмов следует, что на данном этапе очистки действует

сложная система организмов, использующих органические вещества протекающей воды (включая и патогены) на 90%. Оставшиеся в воде органические вещества убираются во вторичном отстойнике, сходном с первичным. Недостатком биофильтров является потребность использовать для их устройства большое пространство.

Очистка сточных вод практикуется также с помощью растений. Для организации такой очистки используют растения с очень мощной подземной системой (например, камыш, тростник и т.д.), способной к выделению углеводов, белков и других органических соединений, благоприятствующих развитию микроорганизмов, которые и выполняют основную работу по очистке стоков от органических нерастворенных и растворенных веществ. Внешняя сторона такой очистки - это поросший камышом или тростником водоем. Основной недостаток такого метода очистки - большие площади, занимаемые растениями (на 10 тыс. населения до 5 га территории). Степень очистки с помощью растений очень высока. Кроме органических веществ, сточные воды в значительной степени очищаются также от биогенов - азота, фосфора и т.д.

Тяжелые металлы практически не влияют на характер очистки стоков, но они накапливаются в данном иле, где задерживаются органическими соединениями. Этот способ можно использовать при очистке стоков небольших станиц или поселков.

При использовании системы активного ила вода после первичной очистки поступает в резервуар, куда добавляют так называемый активный ил (смесь детритофагов). При движении по резервуару вода аэрируется, что способствует развитию детритофагов, которые, питаясь органическими веществами стоков, снижают количество растворимых и нерастворимых органических веществ (сюда относятся и патогены). Спустя определенное время вода, имеющая богатые популяции детритофагов, переходит во вторичные отстойники. Поскольку детритофаги накапливаются на детрите, то их осаждают и в качестве активного ила переводят насосами в аэрационный резервуар, в результате чего в стоках остается 5-10% органического вещества. Положительное в этой системе - ее компактность, а недостаток - большие затраты энергии на аэрацию.

Ни первый, ни второй способы вторичной очистки полностью не устраняют из стоков органическое вещество (особенно

растворенные биогены, являющиеся важнейшей причиной эвтрофикации). Нередко в прошлом (встречается еще и сейчас) после вторичной очистки стоки дезинфицировали хлоркой с последующим спуском в реки и другие водоемы. Однако необходимость полной очистки (чтобы избежать эвтрофикации) требует устранения биогенов, в связи с чем проводится доочистка.

Доочистка. Устранить биогены и тем самым предотвратить эвтрофикацию можно только доочисткой. Эвтрофикация - эго обогащение водоема биогенами, благоприятствующими росту фитопланктона, что вызывает помутнение воды, гибель бентосных растений, снижение количества растворенного кислорода, гибель обитающих на глубине организмов (рыбы и др.).

Доочистку воды можно проводить микрофильтрованием, требующим больших затрат, поскольку масса бытовых стоков в сутки на человека доходит до 300 л. Поэтому пользуются другими методами. Так, фосфаты устраняются внесением в воду извести (ионов кальция), вступающей в реакцию с фосфатами и переводящих их в нерастворимые фосфаты кальция, извлекаемые с помощью фильтров. При отсутствии других эвтрофикатов доочистка заканчивается. В настоящее время нередко ставится вопрос об использовании доочищенных стоков в качестве питьевой воды, хотя это пока звучит странно. Тем не менее, используется широко вода многих источников, в которые нередко ведется сброс стоков, и не только бытовых.

Дезинфекция. Перед выходом очищенных стоков в водоемы проводится дезинфекция хлором для уничтожения всех живых патогенов. Хлор дешевый, его действие эффективно, но использование газообразного хлора вызывает ряд экологических проблем: он ядовит, его перевозка небезопасна, вызывает гибель некоторых видов рыб (влияет на икру и на развитие их эмбрионов). Часть хлора вступает в реакцию с органическими веществами стоков и естественных резервуаров, образует хлорорганические вещества.

Многие из вновь образуемых соединений хлора биологически не разлагаются, токсичны, могут являться причиной раковых заболеваний, отрицательно влияют на систему размножения и даже на внутриутробное развитие эмбриона. Если после хлорирования в стоки добавить диоксид серы и другие вещества, реагирую-

щие с хлором и образующие безвредные вещества, то отрицательное действие хлора существенно снижается.

Используются также менее опасные вещества для очистки, например,  $O_3$ , который убивают микроорганизмы, выделяя газообразный кислород и улучшая качество стоков. Но озон токсичен и взрывоопасен. Правда, его можно производить в местах применения, но его производство пока еще очень дорого. Можно обрабатывать воду ультрафиолетовым излучением, губительно влияющим на микроорганизмы и не оказывающим побочные воздействия.

Обработка ила. В первичных отстойниках оседает до половины органических веществ бытовых стоков в виде ила - черной густой зловонной массы, в которой содержится около 2% органического вещества (живого и мертвого) и 98% воды. Эту массу необходимо обрабатывать, чтобы она не представляла серьезной инфекционной угрозы. После обработки такая масса используется для получения гумуса и применяется в качестве удобрений. Обработке следует подвергать также ил, полученный после вторичной очистки и доочистки. Обработка ила базируется на использовании детритофагов и проводится по типу компостирования (с доступом воздуха) или анаэробного сбраживания (при отсутствии воздуха).

Компостирование. Сначала ил пропускают через фильтры, а затем смешивают с опилками, резкой соломы, сухим торфом или бумажными отходами для повышения аэрации и складывают в ряды или кучи. Если в эти ряды периодически будет подаваться воздух, тогда детритофаги активнее переводят органическое вещество в подобную гумусу массу. Патогены уступают в конкуренции редуцентам, и вдобавок к этому выделяемое тепло убивает их. В случае хорошей аэрации при дыхании организмов выделяются вода и углекислый газ, что почти исключает распространение неприятных запахов. Полученную через 2 месяца компостирования гумусоподобную массу можно использовать в качестве удобрения на сельскохозяйственных полях для рекультивации нарушенных территорий и т.д.

Анаэробное сбраживание. Крупные баки с детритофагами, питающимися органическим веществом, наполняют сырцовой массой. В отсутствие воздуха детритофаги переходят на анаэробное

дыхание, и, разлагая органическое вещество, образуют биогаз, содержащий углекислый газ, а также вещества (включая метан), вызывающие дурной запах. Биогаз легко воспламеняется, и его можно использовать в качестве топлива. Его нередко используют для подогрева ила, что способствует поддерживанию в обрабатываемой массе температуры на уровне 35-40°C. Сбраживание ила завершается через 1-1,5 месяца, хотя получаемая масса остается пока жидкостью черного цвета. В результате сбраживания число патогенов резко сокращается, и их опасность минимальна. Полученная масса представляет собою раствор гумуса, богатый биогенами, которым можно удобрять поля. Жидкую массу иногда фильтруют и получают легко хранящийся полутвердый материал. В этом случае часть биогенов массы переходит в фильтрат, который сбрасывается в водоемы, а ценность полутвердого материала снижается.

Мониторинг загрязнения бытовыми стоками. Полной гарантии от неожиданных случаев поломки и затопления системы канализации, а значит, и сброса неочищенных бытовых стоков в реки нет. Именно это заставляет организовывать постоянный мониторинг за загрязнением речной воды бытовыми стоками.

Практически невозможно выявить каждый патогенный организм. Состояние оценивают косвенным методом - тестом на кишечную палочку, основанным на том, что в толстой кишке человека и животных обитают популяции бактерий кишечной палочки (Echerichia coli), отсутствующей во внешней среде, если она не попадает туда с экскрементами. Эта бактерия не патогенна и даже нужна для нормального пищеварения. Отсутствие этой бактерии косвенно указывает на то, что вода свободна от патогеннов, а ее присутствие в воде указывает на неочищенность бытовых стоков от фекалий и возможность наличия связанных с нею патогенов.

Для определения кишечной палочки берут пробу воды объемом 100 мл. Отсутствие кишечной палочки в водоеме указывает на возможность использования воды для питья; при содержании в 100 мл не более 100-200 особей бактерий река считается безопасной для плавания; более высокий коли-индекс (больше 2000 особей на 100 мл) указывает на невозможность использования речной воды ни на какие нужды. Например, если загрязнение составляет всего 0,1% от объема воды, то в этом объеме содержатся миллионы кле-

ток кишечной палочки. При сильном загрязнении воды необходимо или очистить воду, или устранить источник загрязнения. Воду для питья из бассейнов хлорируют.

4. Использование стоков для орошения. Нередко бытовые стоки, богатые биогенами, используются для орошения. Имеет смысл использования стоков после вторичной очистки для орошения городских парков и газонов. Богатую биогенами воду можно использовать для организации продуктивной системы аквакультуры - создания искусственных прудов. Иногда в качестве основного аспекта доочистки стоков в прудах используют водные гиацинты и другие полезные водные растения (белокрыльник идет на корм скоту, рогоз и тростник - для плетения корзин и т.д.). В указанных водоемах можно выращивать рыбу и разводить водоплавающую птицу. Такая система аквакультуры напоминает природное болото. Растения выполняют роль фильтра: они используют биогены, дают пищу редуцентам, при этом вода становится практически чистой.

Есть ряд причин ограничения применения бытовых стоков для создания аквакультуры и среди них следующие: 1) такой способ наиболее приемлем для районов с круглогодичным развитием растений и с сухим климатом, 2) необходимы крупные понижения вблизи города для сбора оросительных вод, поскольку их постройка обойдется очень дорого, 3) наличие в некоторых стоках (особенно в промышленных) тяжелых металлов. В последнем случае выращиваемые растения можно использовать для откорма птицы, выращивания цветов и т.д.

5. Использование стоков для полива пастбищ. В сухих районах сточные воды можно использовать для полива пастбищ. Например, наши опыты в Западном Туркменистане показали, что полив сточными водами на песчано-пустынных почвах обусловливает повышение продукции нитритного азота и тяжелых металлов в системе почва - растение. Полив стоками способствовал повышению содержания органического вещества, подвижного фосфора, валового калия и снижению засоления песчаных почв. В составе токсичных солей почвенного раствора при поливе стоками преобладают Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaCl, отличающиеся высокой растворимостью; их количество в верхнем корнеобитаемом слое после полива снижается и повышается в грунтовой воде. С прекращением поливов с

восходящим капиллярным током соли частично возвращаются в зону аэрации, но основная часть отводится за счет естественного дренажа.

При использовании сточных вод для полива снижается содержание наиболее токсичных ионов: хлора в 2 раза, бикарбоната магния - в 1,5-1,7 раза, натрия - в 3 раза, менее токсичного сульфата - в 15 раз. Одновременно сильно вымываются ионы кальция, что отрицательно сказывается на солевом режиме песчаных почв. В целом можно оценить влияние сточных вод как положительное: в 1,5 раза повышается содержание илистой фракции (< 0,001 мм) и физической глины в корнеобитаемом слое. Все это увеличивает межполивной период, что дает возможность лучше использовать воду и улучшает водно-воздушный режим почвы.

Химический состав сточной поливной воды влияет на почву и растения. В летний период сточная вода наиболее богата азотом (до 32 мг/л); весной и осенью азот снижается соответственно до 6,5 и 15,2 мг/л. Фосфор обнаружен в сточной воде в середине лета - 4,2 мг/л, весной и осенью - не выше 3 мг/л. Содержание калия весной доходило до 10 мг/л, в середине лета - до 18 мг/л, осенью - до 9,5 мг/л. Сточные воды с минерализацией 0,8 г/л бикарбонатно-хлоридного типа, концентрация растворимых веществ до очистки в отстойниках свыше 1,3 г/л, после очистки - 1,1 г/л при слабощелочной реакции среды; отношение K:Na = 1:5. Осолонцевание карбонатных почв слабое. Сточная вода содержит нитратного азота 2-2,5 мг/л.

Со сточными водами в почву попадают также тяжелые металлы. При низком содержании гумуса соединения тяжелых металлов могут быть губительными для растений. Гумус связывает ионы тяжелых металлов в комплексные соединения хелатного типа, переводя их в малодоступные для растений формы, и снижает их токсичность. Сами растения, особенно злаки (их корневые системы), также обладают свойствами, тормозящими передвижение токсичных ионов в фотосинтезирующие органы растений. Накопление тяжелых металлов в почве снижает урожай и ухудшает его качество, увеличивает содержание токсикантов в сельскохозяйственной продукции.

Не всегда обнаруживается прямая корреляция между содержанием металла в почве и растениях, что обусловливается его содержанием в поливной воде, типом почвы, ее состоянием (влажность, рН и т.д.), биологическими особенностями растений. После 3-летнего использования стоков для полива в Западном Туркменистане нами установлено, что содержание тяжелых металлов в почве находится в допустимых пределах для получения качественной продукции и не превышает ПДК, кроме (As) мышьяка и хрома (Cr), содержание которых в кормовой массе было выше ПДК. В связи с использованием стоков для орошения весьма важно изучение жизнедеятельности микрофлоры, поскольку она выполняет основную работу в процессах самоочищения почвы от загрязнений и это обусловливается многообразием, численностью микрофлоры и скоростью её метаболизма.

проводился Ha участке опытном санитарномикробиологический контроль за состоянием почвы: определяли общее количество бактерий, коли-титр, Glostridium perfingens, патогенную флору и яйца гельминтов. До полива загрязненность почвы минимальная (коли-титр > 1,0) при микробной обсемененности 100-1000 тыс. шт./г почвы и более. В первые дни после полива почва сильно загрязняется (коли-титр < 0,01-0,0001, титр Cl. perfringens < 0,0009), и нередко обнаруживается патогенная флора (встречается синегнойная палочка и сальмонеллы), в отдельных пробах сточной воды встречаются яйца аскарид и карликового цепня. Высокая температура воздуха и сильные ветры в этом районе способствуют быстрой гибели патогенов, и потому загрязнение почвы, грунтовой воды и растительной массы не обнаружено. Именно этим можно объяснить то, что после 3-летнего применения бытовых стоков для полива значительных изменений в накоплении и действии бактерий патогенной флоры не обнаружено ни в одном из звеньев системы вода - почва - растение - животное.

6. Индивидуальная очистка. В станицах и поселках канализационная сеть часто отсутствует. Практикуется индивидуальная очистка, представленная большим баком, от которого отходит 2-3 дренажные трубы для отвода воды, содержащей значительное количество мелкодисперсного органического вещества и растворенные биогены. Тяжелые частицы оседают на дно бака, где они пере-

рабатываются бактериями в гумус, который периодически (1 раз в 2-3 года) можно откачивать и вывозить на поля. Органическое вещество, проходящее по дренажным трубам, также перерабатывается бактериями. На полях, где проходят такие трубы, можно высевать или высаживать растения, рециклизируя таким образом биогены.

Такое устройство очистки работает без сбоев только в том случае, если оно правильно рассчитано по объему. При занижении параметров органическое вещество поступает быстрее, чем разлагается, и тогда неочищенные стоки поднимаются к поверхности, распространяются дурные запахи, загрязняются водоемы, создавая угрозу здоровью людей.

Проблема бытовых стоков чрезвычайно велика, сложна и трудоемка. Отходы человеческой жизнедеятельности, попадая в водосточные канавы и далее в реки, откуда берется вода для питья и других домашних надобностей, становятся опасными для жизни самого же человека. В бытовых стоках развиваются многие паразиты и патогены, увеличивающие детскую смертность и заболеваемость взрослого населения. Еще и сейчас в реки нередко попадают бытовые стоки с дождевыми водами. До сих пор не решена эта проблема и в г. Краснодаре, не говоря уже о более мелких городах Краснодарского края. Проблема осложняется приростом населения и перегруженностью существующей системы канализации, что вызывает ее засорение и перезаполнение.

В связи с тем, что дождевые стоки нередко связаны с канализационными, многие очистные сооружения перегружены, и потому во время дождей сбрасываются в реки неочищенными. Еще хуже обстоит дело с доочисткой биогенов в связи с усилением эвтрофикации. Много проблем с извлечением и размещением ила, использованием биогаза и т.д. Бытовые стоки не должны перемешиваться с промышленными, содержащими много ядовитых веществ (свинец, ртуть, хром, неразлагающаяся биоорганика и т.д.).

- 7. **Очистка промышленных стоков.** По загрязнению промышленные стоки делят на 4 группы.
- 1. Загрязнение воды в основном минеральными примесями (машиностроительная, металлургическая, угольная, электронная,

химическая промышленности) - минеральные и другие химические вещества.

- 2. Загрязнение воды в основном органическими примесями (различные перерабатывающие производства).
- 3. Смешанное (органическое и минеральное) загрязнение (нефтепереработка, фармацевтические, лакокрасочные, бумажные и текстильные производства).
  - 4. Радиоактивные загрязнения.

Учитывая, что промышленные стоки выделяются большим разнообразием по составу, для их очистки к методам, известным по бытовым стокам, добавляются более сложные способы. Все методы по очистке промышленных стоков объединены в 2 группы: 1) регенеративные (экстракция ценных веществ для целей реутилизации) и 2) деструктивные (дезактивация загрязнений). Регенерация промышленных стоков осуществляется рядом физико-химических методов: сорбцией, экстракцией, эвапорацией, коагуляцией, флотацией, ионным обменом, кристаллизацией, электролизом, выпариванием и т.д. Деструктивные методы включают способы химической и биохимической очистки. Механическая очистка производственных стоков включает процеживание, отстаивание, фильтрование и выщелачивание взвесей.

Физико-химическая очистка базируется в основном на методе абсорбции (поглощение каким-то веществом загрязнителей, включая адсорбцию - переход загрязнителя на поверхность сорбента, абсорбцию - проникновение загрязнителя внутрь сорбента и хемосорбцию - химическое взаимодействие адсорбентов с сорбентом). Химическая очистка стоков включает коагулирование (выделение взвешенных и коллоидных веществ) и нейтрализацию (дезактивация кислот, щелочей, солей). Биохимическая очистка обеспечивает окисление органических веществ и биогенов (N, P, K и др.) при отсутствии в стоках токсических для микроорганизмов веществ при кислотности в пределах рН 7-8,5 и температуре от 6 до 30°C.

## ГЛАВА 5. ОТХОДЫ БЫТА И ПРОИЗВОДСТВА

1. Общие проблемы отходов. В эпоху промышленного развития человек создал немало проблем не только природе, но и самому себе. И одна из таких непростых проблем - это образование твердых отходов: бытовых и производственных. Насчитывают свыше 10 видов отходов, среди которых доля бытовых не превышает 10%. Остальные 90% - это отходы различных производств. Соотношение отдельных видов отходов широко варьирует по регионам и сезонам года, что связано, прежде всего, с направлением производства.

Бытовые и производственные отходы человеческой жизнедеятельности на протяжении многих лет накапливались в виде городских свалок и бытовых стоков, загрязнявших природу - почву, воду и воздух. В последние годы (особенно в годы "реформ", когда резко вздорожало горючее) свалки стали устраивать где придется: придорожные канавы за поселком, лесные посадки, овраги, близлежащие поля - все эти территории стали засорять банками, склянками, оберточной бумагой и т.д. И не только пригороды, уже и городские улицы зачастую бывают завалены мусором. Поэтому проблема засорения природы отходами человеческого бытия не совсем простая, как кажется на первый взгляд.

Крупные свалки, загрязняя воду, воздух и почву, непосредственно уже сейчас влияют на здоровье людей и качество производимой ими продукции (прежде всего пищевой). Велика и косвенная роль отходов: выбросы оксидов углерода увеличивают их концентрацию в воздухе; накопление отдельных элементов или соединений в почве и воде нередко является причиной вымирания некоторых видов растений и животных. Косвенная роль отходов заключается также в снижении эстетики и загрязнении городской

улицы, опушки леса, лесной посадки, морского пляжного берега и т.д.

Отходы жизнедеятельности человека включают органические и неорганические формы, и решить их проблему не совсем просто. С одной стороны, органические отходы одних организмов являются пищей для других и потому в природных экосистемах они не накапливаются. Но с другой стороны, увеличение населения вместе с возросшим потреблением энергии, воды и различных предметов производства обусловило нарастание количества отходов, которые по объему нередко превышают реальные возможности их переработки существующими экосистемами. Дело усугубляется тем, что в последние 30-40 лет резко возросло количество неперерабатываемых экосистемами искусственных материалов.

Проблема "борьбы" с загрязнением среды различными отходами весьма не легкая, поскольку создано много самых разнообразных их источников. Всякий раз необходимо установить источник загрязнения и тип поллютанта, производимого этим источником, и только на такой основе определяется соответствующая технология решения проблемы.

Следует подчеркнуть, что процесс ликвидации отходов сильно запущен во времени и, к сожалению, в пространстве. Предпринимаемые сейчас меры пока очень робкие и приносят пока мало видимых результатов. Именно поэтому в данной сфере антропогенной деятельности остается много проблем, решение которых, как никаких других, зависит в значительной мере от жесткости законодательства страны и законопослушности ее граждан.

2. Бытовые отходы. Весьма серьезную угрозу природной среде представляют твердые бытовые отходы городов и поселков. Загрязнение среды отходами функционирования различных хозяйственных систем жизнедеятельности человека является своего рода побочным эффектом его деятельности и как будто не направлен специально на природную среду. Однако, учитывая масштабы этой "побочной" деятельности, нельзя не обращать внимание на ту угрозу стабильности природных комплексов, которую завалы мусора уже представляют и какую будут представлять в недалеком будущем. Угроза засорения сегодня остро стоит перед небольшими водными бассейнами, лесопосадками, берегами рек, опушками ле-

са и просто перед окружающими города и поселки массивами искусственных или естественных систем.

Эта проблема усугубилась у нас в связи с «Горбачевским выходом в Европу» (1986-1990): закупается масса предметов в "красивой" упаковке, которую куда-то необходимо выбрасывать, масса пустых консервных банок, пищевые отходы, стеклянные бутылки и банки, оберточная бумага, тканевые и кожаные отходы, отслужившая свой срок бытовая и промышленная техника, моечные химические средства и т.д. Горбачев спас Европу, но засорил Россию. Такие примеры можно обнаружить вокруг крупных и малых городов, станиц и поселков.

Мы находимся сегодня на острие ножа, балансируя по его ребру: с одной стороны, мусорное болото, в котором мы утонем, погубив природу, а с другой стороны, еще есть надежда сохранить природу, обуздав стихию мусоронакопления и уничтожения природы. Существуют ли пути решения этой проблемы? Ведь количество мусора постоянно растет, площади и объемы свалок все увеличиваются, а не занятых свалками земель становятся все меньше. Иными словами, нарастание массы отходов, их захоронение или переработка - это одна из ключевых проблем охраны природной среды, а значит, и оздоровления условий среды и жизнеобеспечения человека.

Состав бытовых отходов. Количество бытовых отходов в городах и поселках нарастает с каждым годом и связано оно, прежде всего, с увеличением населения, с усилением его миграции и передвижения, усиленным развитием частной торговли и частного мелкого производства и бизнеса. В Краснодаре на 1 человека в день приходится всех форм твердых бытовых отходов примерно 1,0-1,5 кг. Особенно много мусора скапливается на вокзалах, на торговых рынках, на остановках городского транспорта и т.д. Ежедневно в Краснодаре накапливается отходов до 600-800 тыс. т. На их вывозе ежедневно должны работать около 200 машин.

Анализ твердых бытовых отходов города показывает, что соотношение (в%) между отдельными его частями примерно следующее: пищевые отходы - 14, целлофановые и полиэтиленовые изделия - 2, газеты, журналы, бумажные обертки - 26, стекло (посуда, бой) - 19, пластмасса - 2, древесные отходы - 7, резиновые

изделия - 4, разные металлы - 8, отходы текстиля - 4, строительные отходы - 14 (по результатам анализа отходов, поставлявшихся на Елизаветинскую свалку г. Краснодара). Безусловно, соотношение различного мусора в отходах сильно колеблется по сезонам, городам и районам края, а тем более страны, что определяется прежде всего источником этих отходов (рынок, общежитие, жилой дом и т.д.).

Можно только сожалеть, но в большинстве случаев отходы вывозятся на открытые площадки и до сих пор просто сжигаются, что уменьшает их объем. Свалки дымят и на километры распространяют зловоние. Они являются пристанищем грызунов и насекомых, что может служить опасным источником разноса болезней и создавать угрозу эпидемий. Сжигание мусора - очень сильный источник загрязнения воздуха и практически неконтролируемый. Свалки открытого типа безусловно необходимо закрыть.

Возможной альтернативой открытым площадкам могут быть специальные могильники двух вариантов: 1) наземный открытый могильник (отходы складируются на поверхности слоями толщиною 25-30 см, между которыми размещается слой почвы толщиною 10-15 см), в захоронениях которого доля почвы составляет 30-50%, 2) подземный могильник (отходы складируют в больших траншеях глубиною до 15-20 м с последующим закрытием грунтом толщиною 50-60 см). Оба варианта существенно снижают загрязнение воздуха, сокращают популяции грызунов и насекомых.

К сожалению, при выборе площади для отходов городские службы в лучшем случае учитывают два выше обозначенных фактора (источник разведения нежелательных животных и загрязнение воздуха) и нередко мусор используют для освоения оврагов, ям и последующего на этой территории строительства. На таких территориях создаются различные площадки, а нередко и возводятся дома. Однако складируемые отходы постоянно разлагаются и поэтому на месте их захоронения практически неизбежна просадка грунта. В связи с этим вести какое-либо строительство на месте свалок в течение нескольких десятков лет весьма опасно и потому нежелательно.

Однако захоронение отходов имеет и более глубокие проблемы. При выпадении дождей вода просачивается сквозь слои

отходов и в почву поступает обогащенный различными химическими (ртуть, цинк и др. металлы, моющие средства, различные пестициды) и органическими веществами фильтрат. Значительная часть фильтрата поступает в грунтовые воды. Поэтому необходимо обращать внимание на выбор места захоронения отходов и разработку способов их дезактивации. К сожалению, в крае захоронение бытовых отходов, с одной стороны, идет практически бесконтрольно, а с другой стороны, городские власти не придают этой проблеме сколько-нибудь серьезного значения.

Основные захоронения городских отходов расположены вблизи источников питьевой воды - малых рек. Состояние с загрязнением края бытовыми отходами таково, что требует незамедлительной разработки Краевой Программы по задернению различных свалок (при невозможности их переработки), представляющих опасность загрязнения питьевых источников, и экологического подхода к выбору новых мест и организации захоронения отходов с определенными предосторожностями.

Разложение отходов идет без доступа воздуха (анаэробное), и образуемый биогаз состоит на 70% из метана, который легко воспламеняется. Постоянное горение - это результат выделения из толщи свалок биогаза. Кроме того, биогаз может проникать на расстояние до 300-400 м и больше по горизонтам земли и иногда попадает в подвалы домов и может взрываться при возгорании в силу разных причин. Метан негативно влияет на растительность, которая при большой концентрации газа погибает. В связи с этим поверхность оголяется, усиливается эрозия субстрата и отходы обнажаются. Для сохранения растительного покрова необходимо подбирать виды растений, корни которых устойчивы к метану даже при его высоких концентрациях.

Изложенные ранее негативные аспекты в захоронении отходов побудили специалистов и хозяйственников совершенствовать варианты решения этой проблемы с учетом следующих обстоятельств:

- для захоронения отходов отводятся возвышенные места с глубоким залеганием грунтовых вод;
- слои почвы снимаются и используются для последующего покрытия отходов;

- вокруг захоронения прокладываются на определенную глубину трубы для сбора фильтрата;
- основание захоронений делается непроницаемым для воды (из глины, еще лучше из пластика) толщиною 30-35 см, а сверху укладывается слой крупнощебнистого гравия; фильтрат проходит через гравий и по водонепроницаемому днищу стекает в водосборные трубы, где и подвергается затем обработке;
- захоронение отходов ведется послойно, отсеками и высотою, способствующей фильтрации, при таких захоронениях метан уходит через слой гравия и не скапливается;
- с четырех сторон свалки обязательно обустраиваются по кластерной системе колодцы на глубину залегания грунтовых вод для периодического наблюдения за их качеством.

Внедрение в практику нового варианта захоронения безусловно увеличивает расходы (на 1 т отходов свыше 1000 руб.), но необходимость таких затрат вполне оправдывается улучшением экологической ситуации района. То обстоятельство, что поселки мирятся с размещением по соседству с ними мусорных могильников, свидетельствует о недопонимании населением той опасности, которую эти свалки представляют для них и их детей, а также о безразличии людей к своей собственной судьбе и к судьбе окружающей природы. Вызывает сожаление, что ни одна свалка в крае не оборудована как следует, не имеет системы фильтрата и оборудованного блока мониторинговых колодцев для контроля за качеством грунтовой воды.

В настоящее время одни свалки закрываются, а другие открываются, и вполне возможно, что при таком хозяйствовании основным пейзажем городов и поселков России скоро станут «мусорные пирамиды». Наступит время, когда нас захватит «мусорный кризис» и основными спутниками человека останутся вороны, мухи и грызуны.

3. Пути решения проблемы. Наиболее приемлемый вариант решения проблемы - это научиться перерабатывать отходы (их рециклизировать) и развивать новую отрасль промышленности. Однако на этом пути стоит много проблем, которые решать не совсем просто, но можно.

- 1. Необходимо изменить практику общего сбора мусора и проводить его сортировку в местах сбора.
- 2. Необходимо создавать предприятия по переработке сортированных отходов и изготовлению из них необходимых обществу товаров.
- 3. Законодательным путем определить налоги на предприятия, выпускающие продукцию разового пользования, обусловливающую повышение объема отходов.
- 4. Необходимо вести расчет затрат на ликвидацию отходов в полном объеме, включая стоимость земельного участка, охрану грунтовых вод, мониторинг среды, сортировку и переработку сырья.

Из отходов можно изготовить компост, бумагу, пластмассу, металл (алюминий, железо, сталь), стекло. С большей настойчивостью необходимо осваивать вторичную переработку отходов. Сложности этой проблемы могут быть стимулом их решения, особенно для молодых специалистов. Практически проблемы сортировки можно решить быстро и дешево на месте сбора отходов, поставив разноцветные контейнеры, предназначенные для металла, стекла, бумаги и т.д. Транспортировка разных отходов осуществляется машиной с разными баками. Можно сортировку отходов проводить на предназначенных для этих целей установках: металлы отделяются магнитным сепаратором, бумага - воздушным сепаратором, стекло - с помощью вибрирующего сита и т.д. Перед сортировкой через специальную дробилку необходимо пропускать весь необработанный мусор.

В настоящее время разработано и действует несколько технологий по переработке отходов. Например, металлы перерабатывают в детали, а алюминий идет на изготовление различных материалов, причем заметно (на 80-90%) экономится энергия по сравнению с получением алюминия из руды. Текстильные отходы измельчаются и используются для придания прочности бумажной продукции, а старые покрышки идут на выработку резиновых изделий; пластмассу «переделывают» в синтетическую древесину, стекло дробят и готовят новые товары, мусор и пищевые отходы идут на приготовление компостов.

Для проведения такой работы необходимо принять краевые законы, которые потребуют от организаций проводить вторичную переработку отходов на своей территории. Захоронение и сжигание некоторых отходов (отходы парков, садов), которые можно превратить в компост, целесообразно запретить. Взрывоопасные и токсичные отходы (аккумуляторы, батарейки и т.д.) также необходимо запретить захоранивать в общей массе отходов. Наиболее безопасный способ переработки отходов - их компостирование, т.е. естественный биологический процесс перегнивания органического вещества при доступе воздуха. Отходы на 70-80% состоят из органических материалов (пища, бумага), и они легко компостируются с канализационным илом, который способствует ускорению перегнивания и образованию перегнойной массы.

Другой вариант переработки отходов - это использование их для выработки энергии путем сжигания. Металлы в этом случае легко выделяются, а относительно небольшие несжигаемые остатки объемом до 25% позволяют продлить работу могильников. Золу можно использовать при строительстве дорог и т.д., поскольку она не дает усадку. Уже действуют электростанции, работающие на отходах и потребляющие до 2000 т отходов в сутки; приводимый в движение паром генератор вырабатывает энергию для района с населением 50-60 тыс. человек. Электрофильтры практически полностью очищают отработанные газы.

Пути сокращения массы отходов. Изменение политической и экономической ситуации в стране обусловило новый характер общества: безразличное отношение к природе - все это черты сегодняшнего дня. И в результате "обновления ситуации" - увеличение отходов и захламление улиц, дворов, окрестностей городов и поселков. Снизить массу отходов можно следующим образом.

1. Многоразовое использование тарной продукции, прежде всего стеклянной тары (бутылки, банки). При повышении общественного сознания необходимо разработать в крае (еще лучше в стране) «тарные законы», которые бы способствовали развитию производства тары многоразового использования и усилили бы финансовое давление на завоз и производство продукции в таре разового использования. При хозяйственном подходе к этой проблеме цены на напитки не возрастут (больше того, могут быть да-

же ниже), основная часть тары будет возвращаться на производство, масса тары в отходах и самих отходов уменьшится.

- 2. Реутилизовать подержанные товары: устройство распродаж и увеличение срока их службы и т.д.
- 3. Снижение материалоемкости товаров, сокращение их размеров, увеличение срока их годности.

Программа уничтожения отходов должна быть разработана для всех регионов, она не может быть однотипной и будет включать различные сочетания реутилизации, захоронения, складирования и т.д. Это будет зависеть от уровня технического развития района, его материальных возможностей, научного обеспечения. Среди способов ликвидации отходов в Программу можно включить:

- 1. Обустройство площадки для захоронения отходов со сборкой фильтрата.
  - 2. Вторичную переработку отходов (рециклизация).
  - 3. Компостирование отходов.
- 4. Использование бытовых отходов в качестве источника энергии.
- 5. Ведение политики и разъяснительной работы среди населения, напарвленной на снижение массы отходов.

Соотношение указанных способов будет специфично в каждом регионе. Необходимо иметь в виду, что стоимость вторичной переработки будет постепенно снижаться, а вторичное сырье все больше будет привлекать промышленность. В настоящее время каждый регион должен иметь Программу ликвидации отходов, чтобы избежать многих негативных последствий в развитии человеческого общества.

Отходы промышленности. Все материалы, которые человек выносит на свалку из квартиры (очистки пищи, оберточная бумага, поношенные вещи, строительный мусор после ремонта квартиры, отслужившая срок бытовая техника и т.д.), а также близкие к ним отходы предприятий мелкого производства, торговли и уличный мусор составляют группу бытовых отходов, и за их сбор, складирование и переработку отвечают коммунальные службы города. Все другие виды отходов являются заботой самих производств.

По массе складируемых отходов (примерно 1/4 всех отходов) на первое место выходит строительство, в процессе которого накапливается строительный мусор, вынутый грунт при рытье котлованов, бой стройматериалов и др. Складируются отходы почти полностью. Строительный мусор представляет собой отходы после ремонта зданий, дорог и т.д. Реутилизируются строительные отходы всего на 10% (обустройство дорог, площадок, водостоков).

Отходы горнодобывающей промышленности составляют значительную долю в общем объеме отходов (по массе они составляют 15-20%), причем примерно 3/4 их складируется и только 1/4 используется для прокладки различного рода второстепенных дорог, подземных путей и т.д. Значительные проблемы создает разработка бурого и каменного угля, поскольку из недр земли выводятся «на гора» большие массы сырья. Кроме того, при добыче всех полезных ископаемых человек сверхактивно изменяет ландшафт и гидрологию района. Нередко происходят и газопылевые выбросы, загрязняющие воздух. При добыче урана повышается радиационный фон среды.

Большую нагрузку на природу создают отходы так называемых «тяжелых» видов производства. Значительное количество твердых отходов дает металлообрабатывающая и автомобильная промышленность, включая и такие особо опасные производства различных химикатов и красок. Черная металлургия выбрасывает массу пыли, в составе которой около 10% приходится на тяжелые металлы.

Особо следует выделить отходы химической промышленности. Большую проблему создают шламы из отстойников (их прессуют и складируют как весьма опасные отходы). К твердым отходам химической промышленности, помимо шламов, относится вынутый грунт и строительный мусор, неорганические производственные отходы, горючие химические отходы и некоторые другие. К сожалению, не только в прошлом, но и в настоящем времени иногда химические отходы складируются бесконтрольно или в не совсем приспособленных хранилищах, что связано с высокой стоимостью технологий их обезвреживания. Основное направление в сокращении отходов в данной отрасли - это совершенствование технологии производства.

Немалые проблемы создает цементная промышленность, заводы которой вместе с пылью выбрасывают тяжелый металл таллий. Выход единственный - замена технологии и оборудования.

Весьма весомую долю твердых отходов дает сельскохозяйственное производство (до 1/2 от общей массы). Несколько успокаивает то обстоятельство, что до 90% этих отходов можно утилизировать. Основу утилизации составляет компостирование отходов и их превращение в гумусоподобный почвоулучшающий материал.

Компостирование - давно известный способ превращения отходов бытового мусора, органических материалов (трава, листья, древесина кустарников и деревьев, отходы сельского хозяйства). Переработка органического вещества осуществляется почвенными организмами в аэробных условиях путём разложения до простых химических веществ. Компостирование представляет собой природоохранный способ ликвидации отходов. Определенную опасность представляют тяжелые металлы, накапливающиеся в отходах в процессе увеличения их массы.

К твердым отходам следует отнести также вышедшую из строя технику (трактора, автомобили, сельхозинвентарь и т.д.), которую в значительной степени используют на запчасти, но корпуса остаются, зарастают травой, ржавеют и засоряют земельные участки.

Промышленные отходы (кроме химических) частично можно утилизировать. Химические отходы обычно не используются из-за содержания в них вредных веществ. Способы избавления от промышленных отходов определяются содержанием в них вредных веществ. Необходимо вводить технологии, снижающие поступление в отходы ядовитых веществ, что, безусловно, будет способствовать решению проблемы сокращения промышленных отходов.

В этом плане могут представлять практический и научный интерес нашей работы по изучению фосфогипса — отхода производства фосфорных удобрений. Дигидратный фосфогипс Белореченского химзавода является продуктом механической (дробление) и химической (экстракция  $P_2O_5$  с использованием концентрированной серной кислоты) переработки природных Ковдорских апатитов Кольского полуострова. Фосфогипс характеризуется приобретенной в результате выполнения технологических процессов оп-

ределенной спецификой, выражающейся в высокой дисперсности, кислой реакции среды (рН примерно 5,0), а также значительной концентрацией серы и кальция при их низкой растворимости, что обусловливает многолетний эффект воздействия отхода на почвенный покров и его биологическую активность. Естественно, что процессы добычи породы, её перемещение, дробление и экстракция из неё фосфорных соединений и ряда сопутствующих элементов, перекачка этих отходов в шламонакопители и другие мероприятия существенно повлияли как на физические, так и на химические свойства отхода весьма непростого химического производства. Обобщая данные наших опытов по оценке фосфогипса с результатами исследований других авторов, в настоящем сообщении мы анализируем его экологические особенности и возможности использования в сельском хозяйстве (Муравьев, Белюченко, 2007; 2008). Основным содержанием этих опытов является анализ механизмов поддержания почвенного плодородия при внесении фосфогипса в чистом виде или в форме компоста с органическими отходами.

Экологические свойства фосфогипса. Из всех промышленных отходов в Краснодарском крае фосфогипс занимает видное место как по объему, так и по важности его использования в сельском хозяйстве. Для этого отхода характерна большая гетерогенность гранулометрического состава, отличающегося физической и химической стабильностью и длительным сохранением физикохимических свойств вследствие слабой его растворимости. Химическая стабильность фосфогипса и его способность продолжительное время (десятилетия) сохранять свои свойства являются итогом длительного геологического периода формирования минералов из группы апатитов в осадочных породах, что обусловило определенное соотношение реакционно активных и относительно инертных элементов, находящихся в малорастворимых соединениях (Белюченко, 2009).

Способность фосфогипса сохранять высокую стабильность при его внесении в почву в дисперсном варианте, медленно трансформируясь в органоминеральные соединения, является его важным и весьма ценным в практическом отношении свойством по поддержанию благоприятных для живых организмов физических,

химических и химико-биологических характеристик субстрата (Добрыднев, 2009). Для агрономии в почве важно иметь лабильные и легко растворимые минеральные соединения, быстро высвобождающие в больших количествах питательные вещества (Са, S, P и др.) для развития растений. Такими свойствами обладают в основном минеральные удобрения, особенно азотные.

Физические и химико-биологические свойства фосфогипса стабилизируют развитие природной среды, благоприятствуя сохранению в почве органического вещества и снижая его минерализацию. Сокращение скорости минерализации органического вещества в почве обеспечивает более экономное расходование органического и минерального азота и стабилизирует соотношение C:N.

В гранулометрическом отношении фосфогипс представлен минеральными частицами разного размера (от 0,0001 до 20 мм) и различной конфигурации. В чистом виде фосфогипс состоит из физически и химически инертного и механически прочного исходного минерального соединения; характеризуется как устойчивый и в определенных условиях химически инертный материал, труднодоступный для микроорганизмов в силу его особого гранулометрического строения (Муравьев, Белюченко, 2008). Определенную стабильность фосфогипсу, который быстро набухает при смачивании, в природной среде придают серная и фосфорная кислоты; кислая среда субстрата легко очищает поверхность частиц от бактерий и других микроорганизмов. Тем не менее, со временем привносимая органоминеральная пыль постепенно меняет реакцию поверхности частиц фосфогипса и начинается поэтапное освоение поверхности его частиц микроорганизмами, водорослями, а затем и высшими растениями - травами, деревьями и кустарниками. Такие участки, накапливающие бактерии и грибы, части растений и животных разных фаз разложения, включая семена, споры и гифы грибов, становятся весьма привлекательным энергетически емким субстратом для почвенных организмов, формируя участки микробной биомассы с высокой биологической активностью.

Гранулометрические фракции фосфогипса различаются по емкости катионного обмена и потенциальной активности формировать органоминеральные комплексы. Содержание водорастворимых соединений в фосфогипсе является важнейшим показателем

его биологической доступности, с одной стороны, и способности длительно поддерживать определенную устойчивость субстрата, защищая его от быстрой деградации, с другой. В связи с гранулометрической многокомпонентностью, разноразмерностью и полифункциональностью частей фосфогипса, многообразием компонентов его трансформации, функциональной устойчивостью физических и химико-биологических характеристик этот отход является в самом широком смысле очень важным в хозяйственном отношении мелиорантом.

Почвенные микроорганизмы, использующие в качестве источника энергии помимо органического углерода почвы также некоторые другие элементы (S, P, Мо и другие), выступают важным биологическим агентом трансформации сложных соединений фосфогипса. Микроорганизмы разлагают сложные минеральные соединения в простые, которые подвергаются химической и биологической реутилизации. Разложение потенциально прочных соединений фосфогипса происходит медленно, что и обеспечивает долговременное действие отхода при его внесении в почву; взаимодействие дисперсных минеральных частиц фосфогипса с органическими соединениями и образование органоминеральных комплексов являются важнейшими механизмами стабилизации органического вещества почвы и началом формирования почвенных агрегатов, физически защищающих органическое вещество почвы.

Фосфогипс осуществляет физическую и химическую стабилизацию органического вещества почвы через снижение в нем влаги и инактивацию редуцентов, размещающихся на поверхности микроагрегатов в связи с наличием и возможным образованием серной кислоты. Наибольшая доля микроорганизмов свойственна внешней части микроагрегатов, внутри которых размещаются микрочастицы фосфогипса, имеющие силикатную основу и образующие гидрофобные зоны. Поскольку в навозе, дефекате, осадках сточных вод и в других органических отходах органические вещества представлены в основном биохимически лабильными материалами, то они активнее поддаются физической и химической стабилизации (Славгородская, 2009).

Важнейшим путём стабилизации органического вещества в почве является агрегация её частиц. Основным центром аккумуля-

ции органического углерода и азота являются микроагрегаты, представляющие вторичные комплексы минеральных коллоидов фосфогипса с органическими частицами почвы или органических отходов. Агрегаты формируются в процессе перестройки органических частиц и их осаждения на коллоидах фосфогипса. Предстоит еще много исследований по выяснению механизма агрегирования. Ядром формирующихся агрегатов при внесении в почву фосфогипса, на наш взгляд, выступает не почва, а коллоидные частицы отхода: именно они выполняют основную роль в поддержании стабильности микроагрегатов, создающих своего рода физикохимические барьеры для сообществ микроорганизмов, влияющих на трофические связи, состояние минеральных элементов, накопление воды и т.д.

Основной механизм агрегирования при внесении фосфогипса, на наш взгляд, определяется образованием органоминеральных комплексов через связывание лабильных органических веществ достаточно устойчивыми агрегирующими образованиями (прежде всего гуминовыми веществами) с микрочастицами фосфогипса, что легко заметить при увлажнении и перемешивании отхода и почвы. Образование микроагрегатов с участием фосфогипса наблюдается уже на 2-3-й день после перемешивания этих субстратов с накоплением органических веществ на поверхности частиц минеральных коллоидов. По разным причинам с внесением в почву фосфогипса интенсивность разложения органического вещества в ней снижается и период полураспада гумуса повышается. Проблемы агрегирования почвы и фосфогипса представляют большой научный и практический интерес, и их исследования весьма важны. Рассмотрим наиболее важные свойства фосфогипса.

Гранулометрический состав фосфогипса. Изучение гранулометрического состава этого отхода показало его отличие от почвы в том, что доля частиц меньше 0,25 мм в фосфогипсе весьма высокая и колеблется от 62 до 70%, а частицы меньше 0,1 мм составляют 36-41% (табл. 4). При внесении фосфогипса в почву основная масса его частиц <0,1 мм покрывается сверху массой мелких органических или органоминеральных образований почвы и формируются макроагрегаты (размерами более 1 мм) и достаточно устойчивые микроагрегаты в диаметре до 1 мм (рис. 1). Такая осо-

бенность совмещения органической части почвы и минерального фосфогипса благоприятствует улучшению аэрации субстрата, обогащению почвы кислородом, повышению её порозности и понижению плотности, активному поглощению и более экономному расходованию влаги и т.д.

Таблица 4. Гранулометрический состав изучаемых субстратов

	Размер элементарных частиц (мм) и их содержание (%)						
Субстрат	1 – 0,25	0,25 - 0,05		0,01 - 0,005	0,005 - 0,001	< 0,001	Физическая глина, %
Почва	1,14	10,33	34,91	3,08	12,9	37,64	53,62
Фосфогипс	22,3	55,04	1,33	0,32	5,14	15,87	21,33
Перегной	5,23	13,19	40,08	6,68	13,33	21,49	41,50
Почва + фосфогипс	3,43	22,17	17,39	12,26	27,32	17,43	57,01
Почва + перегной + фосфогипс	3,73	16,13	16,12	7,05	32,99	23,97	64,02

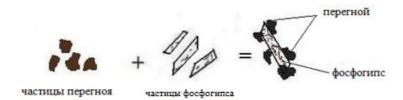


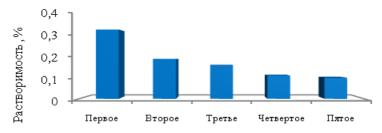
Рис.1. Взаимодействие органического отхода (перегной) и минерального фосфогипса

Валовый состав фосфогилса. Изучаемый отход содержит в разных соотношениях оксиды, составляющие основу земной коры (CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, TiO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, SiO<sub>2</sub>, BaO<sub>2</sub>), запасы которых в настоящее время в почвах сократились за счет выноса с урожаем, выветривания и выщелачивания, что, естественно, отражается на плодородии почвы, а также количестве и качестве урожая сельскохозяйственных культур. Поступление в почву этих веществ в малых дозах способствует её обогащению и благоприят-

ствует развитию растений и формированию ими качественного урожая. Внесение в почву фосфогипса способствует её обогащению кальцием (Муравьев и др., 2008) и серой (Белюченко, 2008).

В почве повышается содержание минеральных коллоидов, усиливается её агрегирование, улучшается аэрация, больше накапливается влаги, экономнее расходуется азот, интенсивнее разлагаются стерневые остатки кукурузы, подсолнечника, суданской травы. В зерне озимой пшеницы повышается содержание белков, углеводов, провитамина А, витаминов группы В, аминокислот, растворимых полисахаридов, биотина, бетаглюкана и минеральных элементов Mg, Ca, S, P, Si, Fe, K, Zn и др.

Растворимость фосфогинса. В лабораторных условиях было установлено, что растворимость фосфогипса в режиме попеременного увлажнения и высушивания на первом этапе составила около 0,35% (рис. 2). В последующем этот показатель существенно снижался и за 5 этапов растворимость фосфогипса в эксперименте составила в сумме около 0,7%. Мы также оценили растворимость фосфогипса в почве, где она увеличилась до 12 раз по сравнению с лабораторной. В почве в течение года может раствориться фосфогипса до 10-12% и больше. По всей видимости, с уменьшением размеров частиц фосфогипса его растворимость в почве увеличивается. По нашим расчетам, действие фосфогипса будет проявляться в почве достаточно активно от 5 до 7 лет в связи с низкой растворимостью и постепенным переходом его растворимых веществ в ППК. Дальше его влияние на ППК почвы (через 5-7 лет) также будет проявляться, но значительно меньше, и для поддержания валового состава почвы необходимо его новое внесение.



Увлажнение и высушивание Рис.2. Растворимость фосфогипса

Компостирование фосфогипса с органическими отходами. С внесением фосфогипса в почву после увлажнения субстрата активно образуются достаточно устойчивые микро- и макрогрегаты (Мельник, 2009; 2010). Известно, что органическое вещество (гумус) в различных типах почв отличается по срокам существования, но в общем характеризуется относительно коротким жизненным периодом (примерно 2,0-2,5 года). Внесение фосфогипса в почву способствует образованию в ней микро- и макроагрегатов органоминерального комплекса. Агрегация органических и минеральных частиц является важнейшей основой физической стабильности органического вещества, а сами агрегаты выполняют роль главного хранителя в почве органического углерода. Образующиеся с фосфогипсом агрегаты различаются по форме, размеру, механизму агрегации. Вообще, организатором и ядром агрегатов в почве считается органическое вещество. В случае внесения фосфогипса организатором также выступает органическое вещество, но ядром образующихся агрегатов являются частицы фосфогипса менее 0,1 мм, на которые «наклеивается» масса органических (гуминовые вещества, белки и др. образования) и мелких минеральных частиц (алюмосиликаты).

Предварительная оценка продолжительности периода полураспада гумуса в черноземе обыкновенном в условиях Кубани колеблется, по нашим расчетам, от 3,0 до 3,5 лет, т.е. период расходования органического вещества в макроагрегатах в среднем составляет 10-25 лет. Исследования в этом направлении весьма перспективны, поскольку внесение фосфогипса и усиление в почве агрегирования (микро- и макро-) способствует защите её органического вещества и благоприятствует его компостированию с органическими отходами (навоз, дефекат, птичий помет, осадки сточных вод и т.д.), что приводит к удлинению активной функции фосфогипса и органических веществ в почве до 5 лет и больше, благодаря их экономному расходованию.

Фосфогиис и расходование органического и минерального азота. Экономия расхода органического азота в почве определяется защитой и снижением скорости разложения её органического вещества (Белюченко, 2008; 2009). Экономия минерального (внесенного с удобрениями) азота, на наш взгляд, связана с частичным

его переходом в макро- и микроагрегаты, что снижает активность окислительно-восстановительных процессов, особенно нитрификации и денитрицикации микроорганизмами и уменьшает его вынос инфильтрационным стоком, а также выделение в атмосферу молекулярного азота (рис. 3).

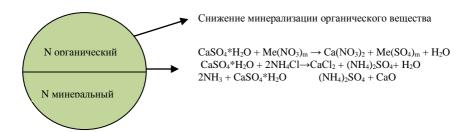


Рис. 3. Влияние фосфогипса на динамику азота и органического вещества в компосте

Компостирование фосфогипса и органических отходов (рис. 4) способствует диссоциации сернокислого кальция (CaSO<sub>4</sub>) и взаимодействию его кислотного остатка (SO<sub>4</sub> $^{-2}$ ) с ионом аммония и образованию сульфата аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Внесение в почву фосфогипса в компосте с органическими удобрениями сокращает дозу чистого азота до 50 кг/га под озимую пшеницу без ущерба для урожая и его качества.

Реакция раствора фосфогипса. Кислотность Белореченского отхода с использованием для его нейтрализации известкового молока составляет около рН 5,0 и обусловливается действием фосфорнокислых солей кальция природных минералов  $Ca_5(PO_4)_3F$  и  $Ca_5(PO_4)_3Cl$ , а также влиянием остатков серной кислоты  $(H_2SO_4)$  в технологическом процессе при экстракции из апатита  $P_2O_5$ . С учетом этой особенности фосфогипс представляет интерес для использования в качестве мелиоранта на засоленных почвах, что заметно влияет не только на рН их среды, но и на урожай сельскохозяйственных культур и его качество. Такие исследования проводились еще в Советском Союзе — в Казахстане и сопредельных областях  $PC\Phi CP$  - в 80-е годы прошлого века, а также в Poctobckom области и Ctabpononbckom крае.

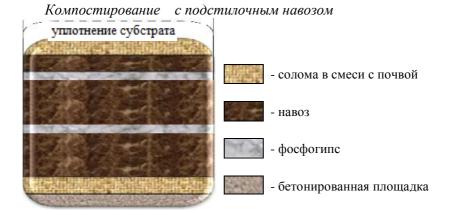


Рис. 4. Компостирование фосфогипса с органическими отходами

Кислая реакция фосфогипса создает благоприятные условия для разрушения таких органических соединений, как ПАВы, углеводороды и другие, что позволяет компостировать его с отходами, содержащими такие вещества, как осадки бытовых стоков, опилки мебельных производств, а также различные виды навоза, птичьего помета, и получать качественное безопасное органоминеральное удобрение (Белюченко, 2009).

Минеральные коллоиды фосфогипса. В фосфогипсе доля минеральных коллоидов сравнительно невысокая (менее 0,5%), но с учетом многолетнего распада этого отхода их доля, по нашим расчетам, сохранится на этом уровне до 6-7 лет, что будет способствовать поддержанию минеральной части коллоидов в почве на значительном уровне, а также защите и снижению скорости разложения её органической части. Внесение фосфогипса в почву увеличивает емкость катионного обмена (табл. 5) и тем самым улучшает её плодородие.

Таблица. 5. Емкость катионного обмена

Вариант опыта	ЕКО, ммоль/100 г
Почва	21,00
Почва + перегной (50 т/га)	28,00
Почва + перегной (50 т/га) + фосфогипс (5 т/га)	33,00

Кальций и сера в фосфогипсе. Указанные элементы содержатся в фосфогипсе в весьма значительных количествах - свыше 20% приходится на долю каждого их них (табл. 6). Черноземы обыкновенные бедны доступными формами серы и кальция. Необходимость серы определяется её участием в повышении качества продукции сельскохозяйственных культур. Кальций является важной составной частью ППК почвы: обусловливает прочность структурных элементов, образуемых почвенными коллоидами, снижает активность солей фтора и тяжелых металлов (особенно стронция), а также хлоридов, усиливает устойчивость хлебов к полеганию и т.д. Кроме того, увеличение содержания кальция в ППК почвы положительно сказывается на активизации аммиачного питания растений.

Таблица. 6. Содержание кальция и серы (%) в фосфогипсе

Элемент	Фосфогипс		
Элемент	сухой	сырой	
Са (расчет на элемент)	30,00	25,40	
S (расчет на элемент)	24,30	21,00	

Фосфогитс и развитие растений. Улучшение физических свойств почвы и минерального питания комплексом микро- и мезоэлементов благоприятствует развитию корневых систем у злаков и корнеплодов. Заметно активируется также развитие боковых почек в зоне кущения у озимой пшеницы и усиливается её побегообразование, что позволяет при совершенствовании технологии применения удобрений снизить норму высева семенного материала до 20%. При соблюдении предлагаемой технологии на каждые 1000 га посевов можно снизить расход семенного материала примерно на 40 тонн (Белюченко и др., 2008; 2009).

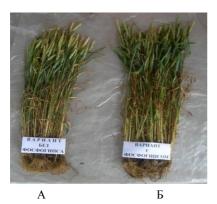


Рис. 5. Влияние фосфогипса на развитие растений пшеницы: A – без фосфогипса; B – с фосфогипсом.

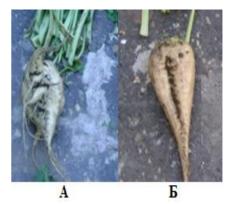


Рис. 6. Влияние фосфогипса на развитие корнеплодов сахарной свеклы: A - без фосфогипса, Б – с фосфогипсом.

Фосфогипс и продуктивная влага в почве. Внесение фосфогипса усиливает формирование микро- и макроагрегатов в почве, существенно ограничивает активность микроорганизмов (Волошина 2009), разрушающих органическое вещество, и сохраняет в метровом слое почвы до 110 мм влаги и больше, при влагонакоплении на контроле - около 100 мм (табл. 7). Увеличение влагонакопления в варианте с фосфогипсом благоприятно сказывается на улучшении условий роста растений, удлинении продолжительности вегетации посевов озимой пшеницы примерно на 10-12 дней и способствует повышению её урожая.

Фосфогипс по сравнению с почвой характеризуется весьма интенсивным и быстрым влагонакоплением и относительно медленной влагоотдачей (рис. 7).

Таблица 7. Влияние фосфогипса на накопление продуктивной влаги в почве

Вариант	Содержание	Диапазон	Уровень влаги,
	влаги, мм	колебания, мм	%
Без фосфогипса	98	92-105	100
С фосфогипсом	112	107-116	112

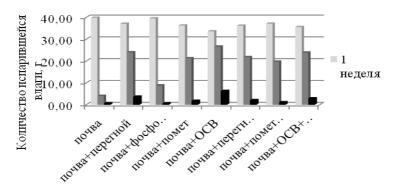


Рис. 7. Масса испарившейся влаги в течение недели

Фосфогипс и микро- и мезофауна почвы. На полях, где вносился фосфогипс, повышалась численность дождевых червей и энхитреид — важнейших производителей гумуса, что, на наш взгляд, связано с повышением в почве содержания органического вещества, продуктивной влаги и большей их стабильностью в течение вегетационного периода (рис. 8). Увеличение численности популяций дождевых червей говорит о благоприятных условиях питания и развития при внесении в почву органоминеральных компостов с участием фосфогипса (Петух, 2009; Петух, Гукалов, 2009).

При компостировании различных видов органических отхофосфогипсом значительно улучшается ЛОВ эпидемиологическая ситуация в компосте, которая четко отмечается уже через месяц. В процессе взаимодействия фосфогипса и навоза формируются макроагрегаты (гранулы), при растворении которых в воде среда становится слабокислой, что негативно сказывается на развитии яиц гельминтов и приводит к их гибели. Например, при компостировании свиного навоза резко снижается численность яиц всех паразитов, а после двух месяцев компостирования сохраняются только отдельные яйца аскарид, которые к пятому месяцу в опытном варианте оставались на уровне 1 на 50 кг массы субстрата, тогда как на контроле их число составило 15 на каждые 10 кг массы. В процессе компостирования яйца паразитов, очевидно, теряют жизнеспособность в связи с мацерацией их оболочки реакционно-подкисленной средой. После пятимесячного

компостирования свиного навоза и фосфогипса согласно разработанной технологии получаемая органоминеральная смесь по основным параметрам оценки относится к пятому классу опасности.

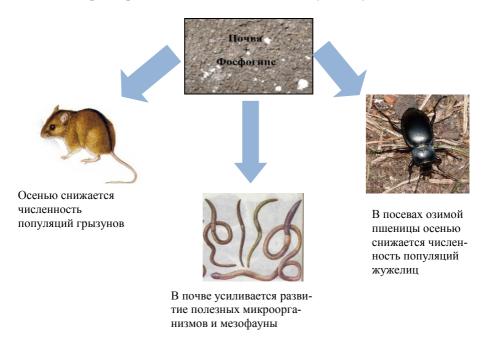


Рис. 8. Влияние фосфогипса на развитие мезо- и макрофауны в почве

Фосфогипс и мелкие млекопитающие. На полях озимой пшеницы, где вносился фосфогипс, численность мышевидных грызунов в несколько раз была ниже, чем на контроле, и в целом эти посевы не требовали серьезной ручной обработки по травлению вредителей. По всей видимости, кислый фосфогипс негативно влияет на работу их пищеварительного тракта. Благодаря медленной растворимости серы и поддержанию кислотности в зоне побегообразования растений пшеницы и на второй год после внесения фосфогипса отмечалась сравнительно невысокая численность мышевидных грызунов по сравнению с обычными посевами. Даже вблизи

лесополос число их семей в несколько раз было ниже, чем в середине контрольного поля.

Использование фосфогипса в животноводстве. Основательная работа в этом направлении проведена коллективом Белорусских ученых под руководством доктора сельскохозяйственных наук Н.В. Пилюк (1994, 1996, 1999), которые использовали фосфогипс в качестве источника серы и кальция в рационах животных (коровы, молодняк, быки-производители, овцы) при свободном скармливании и в виде белково-витаминно-минеральной добавки. В опытах с добавкой в корм скоту фосфогипса в Белоруссии получены положительные результаты по переваримости кормов, повышению качества продукции, повышению соотношения мясо: костная ткань и другие.

Опыты, проведенные В.В. Гукаловым в ОАО «Заветы Ильича» в Ленинградском районе нашего края, показали, что добавление фосфогипса при силосовании кукурузы полностью исключает присутствие в корме масляной кислоты. Безусловно, нужны более длительные исследования применения фосфогипса в животноводстве.

Фосфогипс - мелиорант для загрязненных нефтью почв. Проведенные исследования показали, что при среднем нефтяном загрязнении сельскохозяйственных земель (до 15-16 л нефти на 1м²) очистку верхнего слоя почвы можно провести без его вывоза с использованием фосфогипса и органических удобрений в течение 1 года. Концентрация нефтепродуктов за этот период снижается в 70-80 раз - до 1000 мг/кг и меньше (рис. 9). Бесспорно, что требуются серьезные производственные и научные испытания, поскольку сама деградация углеводородов в почве и восстановление последней включает ряд биологических, химических и технологических приемов, которые нуждаются в основательном уточнении их количественных параметров с учетом плодородия почвы, реакции (рН) её почвенного раствора, содержания гумуса, NPK, порозности, аэрации, количества и качества физической глины и т.д. (Белюченко и др., 2008; Муравьев, Добрыднев, 2008).

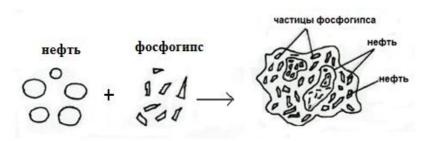


Рис. 9. Взаимодействие фосфогипса с нефтью

Фосфогипс и опасные загрязнители. Таковыми в фосфогипсе являются в основном фтор и стронций. В черноземе обыкновенном фтор активно вступает в реакции с органическими и органоминеральными соединениями с образованием трудно растворимых фторидов. Что касается стронция, то на большей территории края его дозы в почвах весьма умеренные, а содержание подвижного кальция в почвенном растворе с внесением фосфогипса повышается, потому активность загрязнителя—антагониста весьма заметно блокируется. Следует иметь в виду, что в почвенном биокосном комплексе поведение всех входящих в него веществ существенно меняется, как правило, в сторону снижения их активности по сравнению с их поведением в свободном состоянии.

## ГЛАВА 6. КИСЛОТНЫЕ ОСАДКИ

1. Общие проблемы образования кислотных осадков. Под влиянием кислотных осадков в результате антропогенных загрязнений атмосферы в региональном и даже глобальном масштабе гибнет растительность, особенно летом, меняются экосистемы многих озер и других водных систем. К кислотным осадкам относят дожди, снег, туман и сухие кислые частицы (кислотные отложения), которые характеризуются низкими показателями рН.

Кислотность среды, определяемая концентрацией ионов водорода, негативно влияющая на объекты при прямом контакте с ними - растительностью, почвами, поверхностными водами и т.д., связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Не имеет значения, каков источник свободных ионов водорода, попадающих на подстилающую поверхность из атмосферы или образовавшихся непосредственно на поверхности объекта в процессе взаимодействия компонентов атмосферы с подстилающей поверхностью.

Кислыми осадками называют любой процесс переноса вещества из атмосферы на подстилающую поверхность, обусловивший появление на последней свободных ионов водорода, а кислотообразующими веществами названы те, которые способны их производить. Например, типичным кислотообразующим веществом является диоксид углерода ( $CO_2$ ). В атмосферу выбрасывается большое количество веществ, участвующих в образовании кислот (особенно сильными являются серная, соляная и азотная кислоты). Наибольшее значение имеет серная кислота, на долю которой приходится треть от общей закисленности осадков (в зимние месяцы доля серной кислоты в осадках еще больше).

В промышленных районах мира выпадают осадки, кислотность которых выше обычных в 10 раз и больше. Промышленные

предприятия выбрасывают в воздух оксиды азота и диоксиды серы, которые взаимодействуют с парами воды и химическими веществами облаков, образуя азотную ( $HNO_3$ ) и серную ( $H_2SO_4$ ) кислоты, которые возвращаются на землю с дождями, снегом (дают кислотные талые воды), обусловливают выщелачивание из растений и почвы биогенов. Сухие осадки выпадают на растения, растворяются в конденсированной влаге листьев и образуют кислотную росу, повреждающую листья, почки, плоды растений.

Наличие в среде активных ионов водорода ( $H^+$ ) предполагает степень кислотности среды. Атомы водорода без электронной оболочки имеют кислотные свойства и вызывают разъедание металлов, стройматериалов и т.д., а также определяют уровень рН. Под кислотой понимается химическое вещество, высвобождающее при растворении в воде ионы водорода. Все кислоты (соляная - HCl, серная -  $H_2SO_4$ , азотная -  $HNO_3$ , фосфорная -  $H_3PO_4$ , уксусная -  $CH_3COOH$ ) легко диссоциируют, распадаясь на ионы водорода и отрицательный ион кислотного остатка. Чем выше концентрация ионов водорода в растворе, тем выше его кислотность. Едкость растворов щелочей и их горький привкус обусловлены наличием гидроскильных ионов ( $OH^-$ ), представляющих собою кислородводородные группы с лишним электроном. Основание (щелочь) - химическое соединение, способное высвобождать ионы  $OH^-$ .

Кислоты и основания нейтрализуют друг друга, что осуществляется при соединении ионов  $H^+$  и  $OH^-$  с образованием воды; при добавлении основания к кислотному раствору его кислотность постепенно снижается до нейтральной среды (чистая вода). При дальнейшем добавлении оснований повышается щелочность раствора. У воды реакция обычно нейтральная; остающиеся в растворе ионы щелочи и кислоты образуют соли, не влияющие на реакцию среды.

Концентрация ионов водорода выражается в единицах водородного показателя pH, шкала которого охватывает диапазон от 0 (самая высокая кислотность) через нейтральную точку 7 до самой щелочной - 14. Указанные цифры означают отрицательный десятичный логарифм концентрации водорода, выраженный в граммионах на 1 л. Если pH = 1, то концентрация  $H^+$  составляет  $10^{-1}$  или 0,1 г/л; при pH = 2 ионам водорода -  $10^{-2}$ , или 0,01 г/л, и далее. При

pH=7 концентрация ионов составляет  $10^{-7}$  или 0,0000001 г/л; такая же в этом случае концентрация  $OH^-$ . При pH=13 концентрация  $H^+$  в растворе равна  $10^{-13}$  или 0,0000000000001 г/л. Поскольку цифры pH выражаются степенью 10, то разница между соседними значениями десятикратная. Так, при pH=4 кислотность в 10 раз выше, чем при pH=5 (в 10 раз больше ионов водорода  $H^+$ ). Аналогичная картина складывается для концентрации  $OH^-$  при pH выше 7.

С помощью индикаторной бумаги, содержащей пигменты, легко отдающие или присоединяющие ионы водорода и меняющие цвет в зависимости от рН среды, можно определить значение рН: индикаторная бумага опускается в раствор и ее цвет затем сравнивается с прилагаемым эталоном. Кислотность можно определить и на специальных приборах.

Кислотность дождевой воды без загрязнителей обычно слабокислая (pH=5,6), в ней легко растворяется углекислый газ из воздуха и образуется слабая угольная кислота. Поэтому кислотными называют осадки с pH=5,5 и ниже, и выпадают они в основном в промышленных районах мира. Над Европой осадки имеют кислотность с pH=4,5, а в отдельные месяцы даже pH=4,0. Более кислыми являются туман и роса (pH=2,5-3,0). Иными словами, кислотность выпадающих осадков вокруг городов в несколько десятков и сотен раз выше, чем обычных дождей. В США отмечались случаи выпадения осадков с pH=1,5, т.е. концентрация ионов водорода H<sup>+</sup> была в 10000 раз более высокой, чем в нормальной дождевой воде. В настоящее время ежегодно выпадает с дождями сотни млн т серной и азотной кислот.

2. Источники кислотных осадков. Практически все выбросы производств участвуют в формировании кислой среды, и их абсолютные потоки равны или превышают соответствующие геохимические истоки. Выброс серы разными производствами в мире превышает 100 млн. т. в год в виде диоксида серы (SO<sub>2</sub>) - около 90%, триоксида серы (SO<sub>3</sub>) около 2%, аэрозольных сульфатов около 6% и сероводорода около 2%. Выбросы азота производствами идут в виде оксида азота (NO), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), а их соотношение определяется режимом горения и температурой пламени (табл. 8). В год в атмосферу уходит до 100 млн т. азотистых соединений.

Таблица 8. Структура антропогенных выбросов оксидов серы и азота

Источник	Доля в общем выбросе,%		
ИСТОЧНИК	$SO_2$	$NO_x$	
Производство энергии	54	32	
Промышленное производство	44	11	
Сельскохозяйственное производство	1	5	
Транспорт	1	52	

Влияние оксидов азота сравнительно локализовано, поскольку основной их выброс транспортом осуществляется в приземном слое (57%), а оксиды серы (98%) выбрасываются производствами на высоте до 100 м и выше. В городской зоне распространение выбросов от источника доходит до 50 км, для промышленной - до 500 км, а для фоновой - 500 км и более. В городах доля оксидов в воздухе значительно выше, чем в фоновой зоне (табл. 9).

Атмосфера обладает окислительными свойствами, и поэтому все реакции серы и азота происходят с образованием высших форм окисления сульфатов и нитратов. На молекулярном уровне фоновое окисление газов определяется такими окислителями как кислород, озон, оксид водорода. Активнее идут реакции по свободным радикалам  $OH^-$  и  $HO_2^-$  NO свободно окисляется до  $NO_2$ , хотя в процессе фотолиза  $NO_2$  снова разлагается с формированием NO. В атмосфере устанавливается динамическое равновесие между NO и  $NO_2$ , определяемое концентрациями окислителей, интенсивностью солнечного излучения и т.д.

Таблица 9. Концентрация (мкг/м³) оксидов N и S в различных районах

Вещества	Город	Промышленный район	Фоновый район
$O_2$	5-200	1-50	0,1-2,0
$SO_4$	3-25	1-20	0,5-5,0
NO	1-30	0,3-5,0	0,1-0,5
$NO_2$	3-100	1,0-15,0	0,2-1,5
HNO <sub>3</sub>	0,5-15,0	0,1-6,0	0,03-2,0
$NO_3$	0,5-15,0	0,3-8,0	0,005-4,0

Как уже отмечалось, кислотность осадков в основном определяется наличием азотной ( $HNO_3$ ) и серной кислот ( $H_2SO_4$ ): первая дает 1/3 концентрации кислотности осадков, а вторая - 2/3. Сера и азот, оказавшиеся в атмосфере в результате выброса промышленными предприятиями после сжигания топлива и образования оксидов азота и диоксида серы, активно реагируют с парами воды и через несколько промежуточных реакций образуют кислоты:

$$NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3$$
  $\mu$   $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ 

Осадки вымывают эти кислоты из воздуха и становятся кислыми, а их рН зависит от количества воды, в которой кислоты растворяются, и от количества кислот: сильные дожди менее кислые, чем слабые, так как в них больше воды. Высокой кислотностью отличаются туманы, поскольку количество влаги в них низкое.

Кислоты могут выпадать на поверхность земли и без дождей с частицами пыли (сухие кислотные отложения), которые могут накапливаться на поверхности растений и при конденсации небольшого количества воды (роса) дают сильную кислотность. Кислотные осадки прямо коррелируют с промышленными предприятиями и угольными электростанциями. В США 74% диоксида серы дают угольные электростанции, 14 - промышленные котельные, 8 - промышленные и 4% - прочие источники; оксиды азота: 44% дают выхлопные газы автомобилей, 34 - электростанции, 17 - промышленные котельные и 5% - другие производства. Поскольку кислотность осадков на 2/3 определяется диоксидом серы и более 70% его выбрасывается угольными станциями, то именно работой угольных станций примерно на 50% определяется кислотность дождей. Строительство высоких труб на ТЭЦ привело к рассеиванию диоксидов серы на большие расстояния и тем самым способствовало распространению кислотных осадков на сотни километров от этих ТЭЦ.

3. Влияние на водные системы. Кислотные осадки создают серьезную проблему для жизнедеятельности живых организмов, о чем известно уже давно (не менее 100 лет). На экосистемы вообще и на водные в частности влияние кислотных дождей отмечено около 50 лет назад в различных промышленных странах Европы и Америки.

Реакция среды важна, поскольку от неё зависит активность основных ферментов, гормонов и вообще белков, участвующих в регулировании роста и развития. Меньшее влияние кислотность среды оказывает на крупные особи и виды, у которых важную роль в регулировании метаболизма играет рН внутренней среды, а от внешних нарушений эти организмы защищают покровы тела. Молодь, яйцеклетки и сперма водных организмов защищены слабо: при изменении рН всего на единицу в сравнении с оптимумом они испытывают дискомфорт и нередко погибают. Вода пресноводных систем (озера, реки, пруды и т.д.) имеет рН близкую к нейтральной - 6-7, и большинство организмов адаптированы к такой среде.

Повышение кислотности водной среды создает для большинства организмов неблагоприятные условия, и они быстро вымирают из-за прямого воздействия ионов Н<sup>+</sup> и невозможности размножения. Влияние кислотности усиливается при таянии снегов, так как накопившиеся кислоты направляются в реки и озера именно в период размножения водных организмов. Самые устойчивые к низкому значению рН организмы встречаются среди водорослей, а самыми слабыми оказались моллюски (рН среды 5,6), достаточно устойчивыми показали себя насекомые. Подкисление пресных водоемов (озера, реки, пруды) оказывает влияние и на животных сущи, поскольку некоторые из них являются переходными звеньями пищевых цепей, берущих начало в водной системе.

Кислотные осадки при просачивании через почву выщелачивают тяжелые металлы и алюминий. При нормальных условиях эти элементы почвы не создают проблем, поскольку они связаны в нерастворимых веществах и практически не поглощаются организмами. При кислотной реакции их соединения диссоциируют и становятся доступными для растений и других организмов. Так, алюминий, достаточно широко представленный в почвах, при попадании в водоемы нередко является причиной гибели эмбрионов рыб и обусловливает аномалии в развитии организмов.

Отрицательное воздействие на организм оказывают также многие тяжелые металлы, которые освобождаются из сложных соединений при выпадении кислотных осадков. Немало озер и рек в промышленных районах мира сейчас практически мертвы и превратились в водную пустыню из-за высокой токсичности, вызван-

ной концентрацией в них значительной массы тяжелых металлов и сильной подкисленности среды.

Потери не ограничиваются гибелью промысловых рыб. Ученые заметили, что резко сократились популяции водоплавающей птицы, а также птиц, питающихся насекомыми, развитие которых частично проходит в воде, и некоторых млекопитающих. Дальнейшее усугубление ситуации приведет к потере многих видов животных, пищевые цепи (временные или постоянные) которых связаны с пресными водоемами. Это относится прежде всего к перелетным птицам.

4. Влияние на растительность. Оксиды N и S и продукты их преобразований выводятся из атмосферы на подстилающую поверхность (почвы, воду, растительность) через их прямое поглощение (адсорбция), а также с каплями дождя, облаков, туманов. Прямое поглощение определяется действиями ряда физикохимических механизмов, а интенсивность поглощения - уровнем турбулентности атмосферы, шероховатости и физико-химических свойств подстилающей поверхности. В вымывании газов из атмосферы каплями дождя большую роль играет рН: снижение рН повышает растворимость SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> в воде. Наибольшее содержание в воздухе серной кислоты наблюдается от времени образования через 20 час, а азотной - через 10 час.

Кислота образуется не только в воздухе, но и на почве, создавая весьма высокие концентрации кислот в поверхностной пленке влаги. Образование кислоты на поверхности - своеобразный механизм поступления её из атмосферы. Адсорбируемую систему представляют собою растения, особенно поверхность влажных листьев кроны деревьев и трав, что влияет в целом на условия жизнедеятельности растительности: воздействие может быть острым или хроническим, прямым или косвенным (через почву), но всегда негативным.

Выделяют три механизма влияния  $SO_2$  на растения: 1)  $SO_2$  проникает внутрь листа, нарушая процесс фотосинтеза связыванием активного железа; 2)  $SO_2$  проникает внутрь клетки, растворяется в ней, изменяет рН клеточной среды, что вызывает снижение стабильности биоколлоидов и даже их коагуляцию, сильно отражаясь на состоянии клеток, вызывая их повреждение и отмирание;

3) в листьях постепенно накапливается сера, вызывая сульфатное отравление, наступление хлороза и отмирание (некроз).

Выделяют 3 вида повреждений растений - острое, хроническое и скрытое физиологическое. Острое поражение наблюдается при действии на растение высоких концентраций кислоты в течение краткого периода (минуты, часы), вызывая необратимые процессы в ассимилирующих тканях, нарушая газообмен и обусловливая гибель растений. Такие поражения легко оцениваются визуально по внешнему состоянию растений - изменение окраски листьев, их опадение, сбрасывание плодов и т.д.

Хроническое поражение является результатом длительного систематического (периодического) воздействия небольших концентраций  $SO_2$ , вызывает снижение размеров ассимиляционных органов, уменьшение прироста, ускорение листопада, прекращение плодоношения, нарушение газообмена и т.д.

Скрытые повреждения проявляются при длительном воздействии малых концентраций с отсутствием визуально отмечаемых симптомов, хотя жизненная активность растений явно снижается: нарушаются рост и функции организма, падает интенсивность газообмена. Косвенное влияние кислотных осадков на растения количественно можно оценить по эффекту известкования, применяемого на кислых почвах.

Растения различаются по реакции на кислотность почвы, что проявляется в формировании продуктивности (при прочих равных условиях). Повышение или понижение рН почвенной влаги вызывает снижение урожая растений. Основная часть сельскохозяйственных растений развивается нормально в пределах рН 5,0-7,2. В кислых почвах ощущается дефицит Са, повышается мобильность токсичных ионов АІ, ухудшается физическая структура почвы, угнетается и даже прекращается азотфиксирующая деятельность микроорганизмов. Установлено, что при небольших добавках извести (4 т/га) прирост урожая пропорционален количеству внесенной извести. Сильные кислоты (серная и азотная), поступающие в почву, реагируют с известью с образованием легкорастворимых соединений кальция, выщелачиваемых из продуктивного горизонта. За последние годы кислотность выпадающих осадков заметно увеличилась.

Кислотные дожди являются первопричиной деградации лесов, проявляющейся в замедлении роста и гибели некоторых видов деревьев, что отмечается во многих промышленных районах и вокруг крупных угольных ТЭЦ. Осадки вместе с другими видами загрязнения создают ситуацию, которую лесные системы не способны выдержать. Кислотные осадки и озон при прямом контакте с растениями нарушают поверхность их органов, особенно молодых, выщелачивают биогены и активируют многие токсические вещества (тяжелые металлы и алюминий). Деревья и кустарники под воздействием этих загрязнителей становятся весьма уязвимыми для патогенов и насекомых. Растения с поврежденной поверхностью листьев, что особенно проявляется при густых кислотных туманах в результате накопления сухих кислотных отложений, интенсивнее испаряют влагу, что усугубляет их состояние, особенно в засушливый период года.

При попадании в почву кислотных осадков ионы водорода  $H^+$  легко вытесняют биогены (например,  $Ca^{+2}$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ) из частиц гумуса и почвы. Кислая среда заметно снижает также активность азотфиксации и деятельность редуцентов, что в свою очередь усиливает недостаток биогенов. Кислотные осадки вымывают также из листьев, особенно поврежденных, различные метаболиты, включая и биогены. Отмеченные действия кислотных дождей вызывают недостаток биогенов, обусловливают снижение прироста растений и их слабую резистентность к неблагоприятным условиям - засухе, болезням, вредителям.

Выщелачивание алюминия из почвенных соединений создает дополнительные проблемы в жизнедеятельности лесных экосистем. Алюминий широко представлен в материнской породе и почвенных минералах, и в обычных условиях он безвреден. Однако под воздействием кислоты алюминий переходит в раствор. Аналогичная картина отмечается для ртути, свинца и других токсичных элементов. Следует иметь также в виду синергический эффект токсичных веществ при низкой кислотности среды, обусловливающий снижение роста деревьев и их гибель. Сходное действие с кислотными осадками проявляет также озон, что существенно увеличивает нагрузку на леса.

5. Влияние кислых осадков на разные типы почв. Количество кислотных дождей везде разное, и их влияние на экосистемы также различается: на одних участках влияние подкисления практически не сказывается, а на других влияние проявляется очень сильно вплоть до гибели сообществ. Такие колебания связаны прежде всего с различной буферностью почв. Например, в районах, сложенных гранитными породами (отличаются низкой буферностью), экосистемы очень сильно страдают от кислотных дождей. В качестве буфера выступают вещества, способные поглощать или освобождать ионы водорода при определенном показателе кислотности. Если система содержит буфер, то поступающие ионы водорода Н<sup>+</sup> поглощаются им и кислотность остается прежней

В качестве буфера может выступать известняк ( $CaCO_3$  - карбонат кальция), у которого карбонат-ионы ( $CO_3^{-2}$ ) в реакции с ионами водорода ( $H^+$ ) образуют воду и углекислый газ. Для нейтрализации кислых почв широко используют молотый карбонат кальция; такими же свойствами обладает скорлупа яиц, раковины моллюсков, в составе которых доля кальция весьма высока. Следует иметь в виду, что эффективность всех буферов не бесконечна, поскольку они, реагируя с кислотой, постепенно расходуются, и это ведет впоследствии к повышению кислотности среды.

От кислотных осадков подкисляются сильнее экосистемы с низкой буферностью почв. Однако при постоянном выпадении кислотных дождей буферность почв будет падать и со временем все системы окажутся в сложном положении. Уже сейчас на территории края до 20-25% водоемов (реки, ручьи, пруды) находятся под угрозой, поскольку их буферность очень низкая и в структуре их экосистем отмечены существенные нарушения. При падении буферности кислотность резко повышается. Это значит, что для каких-то исправлений ситуации времени уже нет. Например, в Германии в конце 80-х годов XX столетия, где выпало много кислотных дождей, леса гибли с поразительно большой скоростью. Аналогичная картина отмечена и в других странах Западной Европы, где от кислотных дождей пострадало свыше половины площадей всех лесов.

Естественно, что гибель лесов не может не отразиться на численности популяций животных. Погибшие деревья уступают место ацидофильным – устойчивы к повышенной кислотности растениям (например, мхи и другие группы), которые ограничены разнообразием и низкой хозяйственной пригодностью.

6. Влияние кислотных дождей на строительство. Специалисты считают, что выщелачивание ряда токсичных элементов (прежде всего алюминия) ведет к загрязнению грунтовых и поверхностных вод. Установлено, например, что алюминий является одной из причин преждевременного старения организма (болезнь Альцгеймера). Кроме того, при повышении кислотности воды выщелачивается свинец, который использовали при пайке медных труб и строительстве водопроводных и канализационных систем. Иными словами, повышение кислотности является причиной загрязнения среды обитания многими ядовитыми веществами.

При продолжении выпадения кислотных дождей на прежнем уровне погибнут многие лесные и водные системы (в первую очередь мелкие и средние), что нанесёт непоправимый экологический (а значит, и экономический) ущерб народному хозяйству, усилит эрозию почвы, разрушение памятников, зданий, промышленных сооружений. Необходимы экстренные меры в виде серьезных государственных Программ, направленных на быстрое и резкое сокращение: газообразных отходов и доли в отходах диоксида серы, оксидов азота и других фотохимических окислителей.

Человек широко использовал для облицовки зданий и памятников известняк и его разновидность мрамор, который при взаимодействии с кислотой подвергается выветриванию и эрозии. Оставленные нашими потомками памятники, простоявшие почти без изменения сотни и тысячи лет, сейчас растворяются и разрушаются. Все это говорит об очень ограниченном времени, которое имеет человек для исправления ошибок в своей хозяйственной деятельности

В первую очередь необходимы согласованные региональные и глобальные планы по борьбе с кислотными осадками, снижение эффективности которых пока что возможно добиться.

1. Разработка Программы. Необходимо изучить основные симптомы влияния кислотных дождей на экосистемы отдельных

районов, т.е. в чем они проявляются (усиление эрозии, изменение численности популяций наиболее чувствительных к подкислению организмов и т.д.). На этой методической основе организовать в районах промышленного производства фотохимических окислителей систему мониторинга, данные которого помогали бы ежегодно корректировать практические работы по усилению буферности экосистем и борьбе за снижение окислителей в газообразных отходах.

- 2. Сокращение выбросов оксидомателей. Считается, что сокращение выбросов оксидов азота и диоксида серы на 50-60% приостановит отрицательный эффект кислотных дождей на экосистемы, хотя и не исправит полностью ситуацию последних. Учитывая, что основную долю окислителей выбрасывают угольные электростанции, то и основное направление борьбы должно быть сконцентрировано в этом направлении, включая замену топлива, промывку угля, экономию энергии и т.д.
- 3. Замена топлива. Поскольку уголь загрязнен серой, а именно поэтому атмосфера загрязняется диоксидом этого элемента, то закономерно ставится вопрос о переходе на топливо, которое не содержит или содержит мало серы. В этом случае можно использовать низкосернистые угли, если это экономически оправдано. Возможен переход на низкосернистую нефть и природный газ, что будет способствовать сокращению кислотных дождей.
- 4. Рекомендуется промывка угля. Уголь измельчается и перед сжиганием химически очищается от серы. Затраты на этот процесс колоссальные.
- 5. Допускается сжигание угля в смеси с песком и известью. При таком способе уголь под действием вдуваемого воздуха как бы кипит и сера соединяется с известью и идет в золу. Этот метод наиболее предпочтителен при строительстве новых электростан-пий.

Предприятия обязаны оборудовать производства жидкими фильтрами. Газообразные отходы пропускаются через распыленный водный раствор извести, где диоксид серы, реагируя с известью, выпадает в осадок в форме нерастворимого сульфата кальция ( $CaSO_4$ ). Этот способ вполне приемлем для внедрения на действующих станциях.

Сегодня в мире ведутся работы по созданию станций на других видах топлива. При использовании угля в качестве топлива на электростанциях резко увеличилась потребность в нем и, естественно, его добыча. Учитывая, что отрицательный эффект использования угля проявляется также (кроме выброса диоксида серы) в загрязнении водоемов при его добыче, загрязнении золой, увеличении количества углекислого газа в атмосфере, разрушении почвенного покрова и растительных сообществ, подвинуло ученых искать другие источники энергии: строительство атомных станций (здесь свои проблемы: радиоактивные отходы и загрязнение при авариях, которые практически неизбежны, загрязнение окружающей среды радиацией и т.д.), электростанций на использовании солнечной энергии и др.

Важнейшим направлением в борьбе с загрязнениями атмосферы окислителями является разумное использование энергии и наиболее экономная ее передача на расстояния, что приведет к меньшему расходованию топлива и снижению выбросов. Совершенствование всех структур, связанных с производством топлива, энергии и её использованием, с учетом охраны природы должно быть отдельным пунктом во всех государственных Программах (развитие промышленности, строительства, сельского хозяйства и их финансирование).

Прямая связь кислотных дождей с угольными котельными, электростанциями и т.д. была установлена еще 35 лет назад. Промышленники используют любые возможности, чтобы уйти от прямой ответственности за эту проблему и, естественно, не производить нередко дорогостоящих затрат на установку фильтров или другого оборудования, освоение новых технологий использования угля и т.д.

Нередко в заблуждение приводят различия рН в соседних водоемах, хотя не всегда устанавливалась степень их буферности, сильно зависимая от наличия известняков. Однако экономистам следует брать в расчет не только прямые затраты на снижение загрязнения, но и учитывать возможный факт снижения заболевания людей и сохранение природы при ослаблении загрязнения окружающей среды. Решение многих вопросов сохранения природы, а значит, и человека, зависят от объективности, экологической грамотности, заботы со стороны правительства, администрации, интересы которых не должны расходиться с интересами страны, родины. Ведь именно они располагают средствами, ресурсами, финансами и т.д. И от них зависит, в каком направлении пойдет развитие энергетической промышленности страны.

Что можем сделать мы - простые люди нашей Земли? Мы не должны сидеть сложа руки и ждать, когда за нас кто-то решит экологические проблемы кислотных дождей. Зеленое движение в стране набирает силу, и мы можем через своих депутатов требовать разработки жестких законов по выполнению предприятиями и другими владельцами заводов законов о чистоте воздуха, организовывать фонды, ресурсы которых направлять на рекультивацию искалеченных земельных территорий и подготовку экологовпрофессионалов, информировать население о существе проблемы и т.д.

## ЧАСТЬ 3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

## ГЛАВА 7. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

1. Причины загрязнения воздуха. Чистота атмосферы благоприятно сказывается на жизнедеятельности животных, растений и, конечно же, человека. Безусловно, расширение техногенных процессов отрицательно влияет на состав атмосферы, загрязняя её различными веществами, Это негативно сказывается на качестве воздуха, как основной среде обитания многочисленных организмов - растений, животных и человека, а также влияет на характер взаимодействия нашей планеты и Солнца - основного поставщика на Землю лучистой энергии, а через изменение состава приземного воздуха - на климат планеты. Остановимся на анализе отмеченных трех направлений в характере изменения атмосферы под действием антропогенных загрязнителей.

Уровень загрязнения воздуха, при котором не отмечается болезненного состояния человека, считается пороговым. Содержание в воздухе загрязнителей выше порогового вызывает нарушение здоровья у людей. Жизнедеятельность организмов зависит от концентрации загрязнителей и продолжительности их действия. Пороговый уровень будет неодинаковым при разных сроках воздействия загрязнителей: более высокий при короткой экспозиции и значительно ниже при продолжительном воздействии. Для веществ, накапливающихся в организмах, пороговый уровень очень низкий; очень низок этот уровень и для радионуклидов. Безусловно, определяющее значение в оценке влияния загрязнителей имеет получаемая организмом доза (концентрация × экспозиция).

Загрязнение воздуха определяется интенсивностью поступления поллютантов, объёмом рассеивания и скоростью естественной и искусственной очистки. В течение длительного времени воздух засорялся дымом и различной пылью от пожаров, извержения вулканов и бурь. Однако природа была способна рециклизировать естественные загрязнители в течение какого-то периода за счет рассеивания в атмосфере или выпадения в осадок на почву, где микроорганизмы превращают ядовитые вещества в безвредные соединения. В качестве примера можно привести угарный газ (CO +  $O_2 \rightarrow CO_2$ ) и диоксид серы ( $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_4^{-2}$ ), преобразуемые в углекислый газ и сульфат и используемые растениями в качестве элементов питания. Иными словами, естественные загрязнения редко выходят за пределы порогового уровня, если не считать краткосрочных периодов извержения вулканов, пыльных бурь и пожаров.

С развитием цивилизации, когда человек научился разводить огонь и строить жилища, загрязнение атмосферы усилилось и прежде всего — за счет продуктов сгорания (табл. 10). Однако вплоть до 50-х годов XX столетия в большинстве своем люди не предполагали, что природа не сможет справиться со своим загрязнением. Раньше всего проявились на загрязнения вокруг крупных металлургических заводов, хотя на первых порах сразу за зоной завода воздух был чистым и казалось, что такое положение сохранится навсегда. Однако, когда к металлургическим заводам прибавились химические заводы и автомобильный транспорт, то уже к концу 50-х годов ряд крупных городов Запада потонули в фотохимическом смоге (Лондон, Париж, Нью-Йорк).

При температурной инверсии (слой теплого воздуха перекрывает более холодный приземный) смог усиливается: вверху температура воздуха ниже и теплый воздух от земли поднимается вверх вместе с загрязняющими соединениями, где они и распространяются на большие расстояния от места их выброса. В случае температурной инверсии, когда землю покрывает слой холодного воздуха, а сверху находится теплый слой, восходящих токов воздуха, не образуется и загрязнение, которое скапливается в приземном слое. При размещении источника загрязнения в котловине эффект температурной инверсии возрастает, поскольку окружающее

возвышение резко сокращает распространение загрязнения над землей.

Таблица 10. Основные примеси, загрязняющие воздух

Форма загряз- гряз- нителя	Происхождение	Состав загрязнителей	Производственный загрязнитель
	Первичные неорганические	хлориды фториды микроэлементы	пыль, асбест, почва
Первичные органические		споры, пыльца	
Аэрозоли	Вторичные неорганические	сульфаты, нитраты	
	Вторичные органические	углеводороды, алифатические нитросоединения, карбокси- кислоты, дикарбоксикислоты	
		оксиды	углерода се- ры, азот
	Первичные неорганические	галогены	хлориды, фториды
зные		другие	аммиак, сероводород
Газообразные	Первичные органические	кетоны, углеводороды, мераптаоны, серосодержащие фторхлорметаны	фреоны
	Вторичные неорганические	030Н	
	Вторичные органические	альдегиды, пероксиацетилнитрат, N-нитрозосоединения	полифенол и гомологи

Примечание: первичные - вносимые в атмосферу, вторичные - синтезирующиеся в атмосфере

Смог является причиной головной боли, заболеваний глаз и дыхательной системы, особенно при заболеваниях астмой. Такие случаи были отмечены в декабре 1930 г. в долине Меза (Бельгия), в ноябре 1950 г. в Коста-Рике и в мае 1988 г. в Мехико (Мексика), в

феврале 1980 г. в Лондоне (Англия), в ноябре 1966 г. в Нью-Йорке (США) и т.д. В качестве примера можно привести и другой случай. В 1969 г. облако смога сначала покрыло восточные штаты США, а затем распространилось по всему миру. Итогом была гибель многих видов деревьев в ряде промышленных центров (Нью-Йорк и др.), а у фермеров в ряде мест отмечались значительные потери урожая. Негативное влияние загрязнения воздуха на сельскохозяйственное производство выразилось в резком снижении выращивания цитрусовых в Калифорнии (США), сокращении площадей под овощами. Замечено влияние смога на технику: сокращение периода эксплуатации резиновых и металлических изделий и т.д.

Количество загрязнителей воздуха искусственного происхождения превышает в десятки и сотни раз естественные. Уже в 60-е годы XX столетия стало ясно, что выброс загрязняющих веществ в воздух следует поставить под контроль. Безусловно, нужны законы, которые бы определили четкую ответственность каждого предприятия за выбросы в атмосферу и поставили бы под твердый контроль содержание примесей, не превышающих разработанные стандарты. Соответствующие органы должны контролировать состояние окружающей среды, выявляя злостных нарушителей, совершенствуя стандарты и разрабатывая мероприятия по борьбе с загрязнением. По всем этим направлениям природоохранные организации должны работать постоянно.

При совершенствовании стандартов чистоты воздуха, контроля за работой заводов, городского транспорта и т.д., безусловно, можно добиться улучшения качества воздуха.

**2.** Загрязняющие вещества. Атмосфера загрязняется продуктами горения нефти и нефтепродуктов (бензин, керосин, мазут и т.д.), угля, сланцев, торфа, различных отходов (особенно целлофана, пластмассы и резины), представляющих собой органические соединения, основу которых составляют углерод и водород ( $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ ). Углеродистые вещества соединяются с кислородом с образованием углекислого газа и воды. При сгорании органического вещества его частицы в виде взвесей, представленных в основном углеродом, поднимаются в воздух (мы их воспринимаем как дым). В этих дымообразующих частицах имеются молекулы

несгоревшего топлива, представленные углеводородами, а также угарный газ (CO) - не полностью окисленный углерод и углекислый газ (CO<sub>2</sub>) - продукт полного сгорания.

Горение органического вещества протекает в воздухе, содержащем 78% азота (N) и 22% кислорода ( $O_2$ ), что способствует образованию оксидов азота ( $NO_n$ ), включая монооксид ( $NO_2$ ), образующийся при высокой температуре горения, диоксид ( $NO_2$ ) или тетраоксид ( $N_2O_4$ ), образующийся в результате реакции монооксида с кислородом воздуха. Наибольшие количества оксидов азота представлены диоксидом, поглощающим свет, и фотохимический смог с буроватой окраской обусловлен именно этим соединением.

В воздух попадают также различные примеси сжигаемого органического топлива. При сгорании угля освобождаются примеси тяжелых металлов, а содержащаяся в нем сера (ее количество доходит до 5,5%) окисляется и образует сернистый газ ( $SO_2$ ), который тоже дополняет состав атмосферного воздуха. Отравлял воздух до недавнего времени и свинец, который в форме тетраэтилсвинца добавляли в бензин, чтобы убрать стук двигателя. Свинец, попадая в воздух с выхлопными газами, разносится ветром на небольшие расстояния и постепенно оседает на почву, попадая в пищевые цепи через растения и некоторых беспозвоночных.

Указанные выше продукты сжигания органических веществ в воздухе вступают в реакцию и образуют новые соединения, или вторичные продукты. Например, солнечная энергия стимулирует химические реакции оксидов азота, летучих соединений и озона. Поскольку свет является основным поставщиком энергии для таких реакций, то их продукты называют фотохимическими окислителями. В качестве примера приведем реакцию превращения диоксида азота:  $NO_2 \rightarrow NO + O$  и кислорода  $O + O_2 \rightarrow O_3$ . Реакции носят обратимый характер, и поэтому существенного увеличения озона в воздухе не отмечается. Однако при наличии углеводородов NO вступает в реакцию с образованием вредных органических соединений (пероксиацетилнитраты - фотохимические окислители), а поскольку NO связывается, то отмечается и накопление озона. В результате взаимодействия оксидов серы и азота с парами воды образуются серная и азотная кислоты. Кроме того, попадающие в воздух углеродные частицы адсорбируют на своей поверхности

много других загрязнителей, представляющих немалую опасность для живых организмов, особенно человека.

Иными словами, загрязнение атмосферы идет по разным каналам и многими газообразными, твердыми и жидкими веществами, оказывающимися на несвойственном для них месте. В 1993 г. в целом по Краснодарскому краю в атмосферу выброшено свыше 1 млн т, из которых на долю промышленности пришлось свыше 152 тыс. т и автотранспорта - 900 тыс. т. В атмосферу выбрасываются соединения свинца, бенз(а)пирен, тяжелые металлы, диоксины и другие вещества. Наиболее распространенными из загрязнителей являются следующие:

- фотохимические окислители, высокотоксичные для растений и животных (например, озон в приземном слое является опасным загрязнителем),
- взвеси (мелкие частицы и капли во взвешенном состоянии в воздухе), обусловливающие смог, нередко несущие другие загрязнители (растворенные в них или прилипшие к ним),
- летучие органические соединения (углеводороды и т.д.) бензин, растворители красок, попадающие в виде пара в атмосферу растворители органических красок и т.д.,
  - тяжелые металлы (медь, свинец, магний, марганец и т.д.),
- оксиды азота ( $NO_n$ ) газообразные соединения азота и кислорода,
- оксиды серы (наиболее опасен серный газ  $\mathrm{SO}_2$  диоксид), ядовитые для растений и животных,
  - угарный газ (СО) вызывает удушье,
- кислоты (серная, азотная и др.), находящиеся в воздухе в виде капель жидкости и обусловливающие кислотные дожди,
- радионуклиды, особенно в местах производства и использования радиоактивных изотопов.
- 3. Источники загрязнения. Заводские трубы и горение отходов на свалках являются поставщиками взвесей в атмосферу. В последние годы ведется работа по снижению отходов в печах, а также очистка выбросов из труб. На Кубани есть один завод по сжиганию мусора в районе Сочи. Основная масса отходов в крае закапывается в землю или «силосуется» наземным способом. На промышленных предприятиях установили фильтры, различные

пылеуловители и т.д., тоже концентрирующие такие отходы, как тяжелые металлы и другие ядовитые вещества. Такие технологические изменения в ряде мест обеспечивали определенное сокращение содержания пыли и различных веществ в атмосфере. В связи с изменением экономической ситуации в стране увеличилось сжигание дров и количество дизельных моторов, и эти небольшие сдвиги в промышленных технологиях практически были снивелированы. Именно поэтому в некоторых местах запрещено использование машин на дизтопливе.

Загрязнение атмосферы края определяется нарушениями технологического режима работы предприятий, низкой эффективностью пылеулавливающего и газоочистного оборудования. Особую озабоченность вызывает загрязнение воздушного бассейна выбросами автомобильного транспорта, на долю которого, например, в Туапсе и в Краснодаре, приходится свыше 85%.

Выхлопные газы транспорта - машин, автомобилей, самолетов и тракторов - являются важным источником поступления в воздух пероксиацетилнитратов, угарного газа, углеводородов и оксидов азота, повышающих содержание  $O_3$  в приземном слое воздуха. Испарение бензина и различных нефтепродуктов из двигателей и баков хранения способствует образованию углеводородов.

С помощью пылеуловителей в некоторых местах удалось существенно снизить уровень пыли в воздухе; испарение горючего из баков снижают с помощью системы трубок, выходящих на емкость с активированным углем, улавливающим пары и направляющим их в двигатель. Безусловно, регулировать выброс оксидов весьма трудно. Известно, что при понижении температуры и давления сжигаемый азот окисляется меньше. На этой основе и ведется работа по созданию новых двигателей. Но при таком режиме повышается расход топлива и снижается КПД работы двигателя. В этом случае налицо противоречие между экономикой и борьбой с загрязнением.

Образование озона определяется наличием оксидов азота и углеводородов. В борьбе за чистоту воздуха пошли по варианту избавления от поступления углеводородов в атмосферу, не обращая особого внимания на оксиды азота. На лучших заводах мира автомобили оборудуют рядом приспособлений для снижения за-

грязняющего эффекта в работе двигателей (например, компьютерный контроль за составом горючего, временем зажигания - раннее зажигание ведет к более высокой степени сгорания горючего и понижению углеводородов в выхлопных газах и др.). Наибольшим усовершенствованием является химический каталитический преобразователь, содержащий платинированные гранулы, - через него проходят выхлопные газы, углеводороды которых окисляются до углекислого газа и воды, а угарный газ доокисляется до углекислого газа; оксиды азота остаются пока неприкосновенными.

Предлагаемые приспособления требуют хорошей регулировки, в противном случае они малоэффективны. Нередко сами хозяева машин отключают эти приспособления, стараясь повысить КПД двигателя. Но конструкторы пошли дальше - они разработали новые двигатели, снижающие КПД, если приспособление не работает или испорчено. Для борьбы за чистоту воздуха можно подключить и экономические рычаги: лишение районов с высоким загрязнением дотаций, повышение государственных налогов и т.д. Сжигание угарного газа, углеводородов, озона и других загрязнителей будет способствовать оздоровлению среды и очищению воздуха.

Основной контроль за состоянием воздуха должен осуществлять системный мониторинг на основных направлениях движения транспорта в городах и сельской местности. К сожалению, сокращение отравляющих веществ в автомобиле не снижает общего их накопления в воздухе в связи с увеличением количества автомобилей, при использовании дизельных автомобилей в городе и хранилищ отходов (прежде всего поверхностных), станций автосервиса, красителей, разливов нефти в результате аварий и т.п. Все это ведет к озоновому загрязнению, что отмечается не только в городе, но и в сельской местности.

Самым опасным источником диоксида серы являются теплоэлектростанции на угле и металлургические заводы. Например, 1000 т диоксида серы в атмосферу выбрасывает ежесуточно теплостанция, сжигающая в сутки 10000 т угля при содержании в нем серы 3%.

Многие теплостанции имеют трубы, превышающие по высоте слой температурной инверсии. Идея состояла в том, что загрязнители будут выбрасываться высоко в атмосфере, где будут рас-

сеиваться и исчезать. Однако на деле получилось по-другому: диоксид серы, вступая в реакцию с капельками воды, превращается в серную кислоту и потому становится одним из компонентов кислотных дождей в местах своего выброса. Такой путь борьбы за чистоту воздуха в городе заметно ухудшил эту ситуацию в станинах и поселках.

Исключение свинца из добавок к бензину существенно снижает его содержание в выхлопных газах. Безусловно, снижение свинца в воздухе не решило проблему накопления в воздухе других тяжелых металлов, например, ртути, меди, цинка и т.д. Особую опасность, безусловно, представляет ртуть: с одной стороны, она легко испаряется, а с другой, - накапливается в организмах в виде различных органических соединений.

Загрязнители воздуха представляют собой множество веществ и их соединений, входящих в качестве примесей в различные структуры воздуха. В составе воздуха доля каждого загрязнителя в разных местах сильно варьирует и зависит от погодных условий, расстояния до источника загрязнения, направления ветра, периодичности и времени выбросов в течение суток и т.д.

Любой организм, прежде всего человек, испытывает влияние нескольких загрязнителей в отдельности и их совокупного воздействия. Влияние загрязнителей заключается в ослаблении организмов и понижении их дальнейшей устойчивости к вредителям, болезням, засухе, нехватке питательных веществ и т.д. В такой ситуации совсем нелегко выделить влияние на организм какого-то отдельного фактора. Пока немного сведений и о влиянии отдельных загрязнителей на конкретные функции организмов. Остановится на анализе имеющихся сведений.

4. Здоровье человека. При сильном загрязнении воздуха немало людей жалуются на общее плохое состояние, раздражение глаз, тошноту, головные боли, снижающие работоспособность. На слизистые оболочки носоглотки отрицательно влияет озон. Наличие в воздухе угарного газа вызывает сонливость, головные боли, снижение активности работы головного мозга. Легочные заболевания (респираторные, опухоли) усиливаются при высокой концентрации взвесей в воздухе; приступы астмы учащаются при наличии в воздухе взвесей серной и других кислот. Эти и другие факторы

неодинаково влияют на состояние и жизнедеятельность различных людей и отдельные стороны работы их организма.

В ряде случаев очень высокая концентрация загрязнителей в воздухе приводила к смерти людей (Лондон, Англия, февраль, 1980; Нью-Йорк, США, ноябрь 1953, январь 1963, март 1966 и т.д.). Безусловно, летальный исход, как правило, наблюдался у людей, болевших или имевших легочные заболевания. Иными словами, загрязнение усугубляет состояние ослабленного организма и усиливает на него негативное воздействие. В природной среде пока не отмечено содержания отдельных веществ в концентрациях, смертельных для человека, однако повышение концентрации каких-либо посторонних веществ в воздухе, безусловно, оказывает дополнительное давление на здоровье и работоспособность людей.

Воздух загрязняется многими органическим веществами и тяжелыми металлами, высокие дозы которых канцерогенны. Медики считают, что даже небольшие их количества в воздухе являются причиной опухолевых заболеваний. Наиболее бесспорна связь между легочными заболеваниями и курением. Так, Hebel (1990) приводит данные по США: опухоль легких была наибольшей (более 30%) у людей, выкуривающих свыше 30 сигарет в день; опухоль гортани (до 80%) при выкуривании свыше 40 сигарет; ишемическая болезнь сердца (свыше 50%) обнаружена при выкуривании свыше 10 сигарет в день. В загрязненном воздухе курильщики чаще заболевают легочными заболеваниями, т.е. курение и загрязнение воздуха отличаются сильным синергизмом.

Тяжелые металлы в воздухе очень вредны для здоровья людей. Особого внимания требует свинец, основным источником которого был этилированный бензин, включавший тетраэтиленсвинец. Свинец вдыхается в легкие, а при оседании на пыль и воду тоже потребляется человеком, что ведет к повышению содержания этого элемента в крови, приводит к умственной отсталости детей и гипертонии у взрослых.

5. Сельское хозяйство. Определить влияние загрязнения на растения весьма просто - вырастить растения в камерах, где можно создать воздух нужного состава. Можно изучать влияние загрязненного воздуха в вегетационных сосудах. Такие опыты дают воз-

можность установить, какие вещества и какой вред причиняют отдельным видам растений и сообществам.

Установлено, что растения более чувствительны, чем люди, к загрязнению воздуха. К сожалению, мы начинаем искать источники загрязнений только после того, как появляются их признаки. На многих площадях, загрязненных оксидами серы, повреждена растительность вокруг источника загрязнения (ТЭЦ или металлургический завод). Образующиеся затем в приземном воздухе озон и другие окислители обусловливают гибель растений и снижение количества и качества урожая сельхозкультур (риса, пшеницы, кукурузы и т.д.). В загрязненной среде атмосферы растения значительно меньших размеров, чем на чистом воздухе. На сдерживание роста растений отрицательное влияние оказывает озон. По данным Hebel (1990), повышение урожая сельскохозяйственных культур в США без загрязнения воздуха составляет в среднем от 3 (кукуруза) до 30% (арахис).

Особенно чувствительны к загрязнению атмосферы дикорастущие растения. Под воздействием озона (даже при норме, безопасной для человека) рост лесных растений снижается до 50%. От озона и кислотных дождей страдают сосны (Веймутовая желтая и др.), прирост древесины у которых снижается на 40-75%. Ослабленные деревья и кустарники под влиянием фотохимических окислителей больше страдают от вредителей и болезней.

Загрязнение атмосферного воздуха отрицательно сказывается на жизнедеятельности многих древесных пород: различные виды сосны, ели, клена и т.д. Гибельное воздействие на деревья оказывают озон и кислотные дожди при их высоком содержании в воздухе. Кислотность загрязненных дождей доходит иногда до рН 2,2-2,5. Окислители повреждают листья и хвою деревьев, а из почвы выщелачивают ряд биогенов, важных для роста растений. Озон весьма вреден сосне: проникая в ее хвою, разрушает хлорофилл в клетках, снижает фотосинтез и ослабляет рост растений; озон способствует также вымыванию из хвои ряда биогенных веществ.

Окислители, попадающие на растения с дождевыми осадками, вымывают из почвы и листьев магний, калий и кальций. Пожелтение хвои - один из признаков нехватки биогенов, вымытых из растений и почвы. Ослабленные деревья более чувствительны к

повреждениям вредителями и болезнями, а также к неблагоприятным условиям погоды (засуха, низкие температуры, недостаток питательных веществ). Гибель особей древесных пород нередко приводит к изменению всей экосистемы, которая становится весьма чувствительной к пожарам, резким понижениям температур, недостатку влаги и т.д.

Катастрофическая гибель деревьев не наступает сразу при высокой концентрации окислителей, но при дальнейшем, даже небольшом, увеличении концентрации наблюдается отмирание отдельных особей. Если деревья не отмирают, то резко снижается их продуктивность, при этом возрастает негативное влияние на почвы и в целом на экосистему. При гибели чувствительных к определенным загрязнителям видов их место занимают более устойчивые. В настоящее время идет перегруппировка сообществ в отдельных экосистемах.

Прогнозы различных исследований предсказывают, что XXI век ознаменуется самой высокой в истории нашей планеты температурой. Как это повлияет на жизнедеятельность человечества? Все предыдущие столетия в определенных районах крестьяне выращивали те культуры, которые здесь лучше растут несмотря на некоторые погодичные колебания климата, вызывающие снижение или повышение продуктивности.

При коренном изменении климата изменится и характер земледелия: нужны будут более засушливые или, наоборот, влаголюбивые сорта, а то и смена культуры; возможно перемещение тяжести земледелия в северные районы - на подзолистые и тундровые почвы, что, безусловно, поставит ряд сложных проблем. Северные почвы менее плодородны, и потому урожай на них будет низким. Определенные трудности социального, политического и экономического характера возникнут в связи с необходимостью перемещения крестьян с юга на север и обучения аборигенных жителей земледельческому ремеслу и т.д. Очень непросто будет миновать также голодные годы.

Промышленность складывалась столетиями без оглядки на климатические вариации. Потепление климата в северных районах потребует больше воды, широкое использование кондиционеров и т.д., что естественно увеличит расходы энергии. Потепление кли-

мата вызовет усиление испарения воды, что усилит ее дефицит для гидростанций, металлургических заводов, орошения полей и в целом на нужды народного хозяйства в южных районах.

Все это будет обострять экологические проблемы жизнедеятельности человека на нашей планете. Иными словами, следует ожидать целого комплекса проблем во всех сферах человеческого общества. Если мы не можем остановить потепление климата и снизить поступление в атмосферу парниковых газов, то уже сегодня необходимо готовиться к его изменению: подбирать и выводить культуры более засухоустойчивые, высаживать деревья и кустарники с высокой устойчивостью к засухе или потеплению климата и т.д. Роль Ботанических садов в этом плане будет возрастать, и потому затраты на подобные научные изыскания на перспективу следует обязательно включать в государственные и региональные планы.

6. Состояние качества стройматериалов. Загрязнение воздуха весьма ощутимо сказывается на эстетике и качестве многих физических строительных материалов - оконных рам, стекла, металла и т.д. Быстро теряют свои качества и устойчивость многие краски, поверхность резиновых изделий: они грубеют и образуют трещины под влиянием окислителя. Металлические изделия быстрее подвергаются коррозии, а кирпичная кладка быстрее разрушается и выветривается. Можно представить, какие затраты несет хозяйство при ремонте и восстановлении вышедших из строя конструкций, зданий, техники и т.д.

Домашний воздух богат большим количеством загрязнителей. Основными их источниками служат мебель, обои, краски, пол, материал которых выделяет опасные испарения. В помещении эти вещества не исчезают так быстро, как снаружи, а накапливаются до весьма опасных уровней. Кроме того, в помещении человек проводит до 80% времени, что указывает на значительность экспозиции загрязнения. Еще больше времени в помещениях проводят дети, пожилые люди, хронические больные, беременные женщины. Среди веществ, загрязняющих воздух помещений, необходимо выделить следующие:

1) различные синтетические органические соединения (применяются при изготовлении ДСП, фанеры, пористой резины, оби-

вочных материалов), испарение клея, растворителей и других химикатов, используемых в быту, в частности, испарение жидких моющих средств, используемых для мытья посуды, ванн, раковин, стирки и т.д.; дезинфицирующие средства и освежители воздуха; все типы аэрозолей;

- 2) вещества, образующиеся при сжигании газа, бумаги и других материалов и при этом снижающие содержание в воздухе кислорода;
  - 3) пестициды, применяемые для борьбы с насекомыми;
- 4) асбест, используемый для теплоизоляции труб парового отопления, при утеплении покрытий, в гладильных досках (установлено, что опухоль легких проявляется через 20-30 лет после вдыхания асбестовой пыли) и т.д., вредное действие асбеста замечено в середине 70-х годов, но во многих зданиях асбест остается и по настоящее время;
- 5) радиоактивный газ радон получается в результате расщепления радиоактивных веществ в недрах земли, поднимается на поверхность земли и составляет часть естественного фона радиации; при выходе теплого воздуха через крышу дома в разреженное пространство через нижние этажи поступает радон и иногда накапливается до опасной нормы, задерживаясь в помещении;
- 6) наибольший риск представляет курение, нередко давая синергический эффект внутри помещения наряду с другими загрязнителями (кадмий, асбест и др.); курение опасно и для некурящих (пассивное курение).

В помещениях нельзя курить, необходимо до минимума снизить использование различных растворителей и других химических средств. Все ёмкости необходимо полностью закрывать, а ненужную ветошь и тару выбрасывать; мыть посуду экологичнее уксусом и пищевой содой. Помещение необходимо всегда проветривать. Тепло содержится в стенах и мебели, а не в воздухе, и при открытии окна на 20-30 секунд тепла будет потеряно совсем мало, даже зимой.

7. Улучшение качества воздуха. Осложнение ситуации с загрязнением воздуха связано с целым рядом обстоятельств и прежде всего - с увеличением количества выхлопных газов и расширением в последние годы использования угля на теплоэлектростанциях.

Какие мероприятия следует предусмотреть в экологоэкономических Программах края и страны в целом для того, чтобы оздоровить воздушное пространство? Нам они представляются следующими:

- 1) совершенствование моделей моторов для автомашин и другой техники (трактора, танки, самолеты и т.д.), использующих различные виды органического топлива;
- 2) вести борьбу за снижение в выхлопных газах источников озона углеводородов и оксидов азота;
- 3) разработать строгие стандарты, направленные на борьбу с выхлопными газами;
- 4) отказ от источников аэрозолей-дезодорантов и лаков для волос;
- 5) внедрение самого современного оборудования во все отрасли для борьбы с загрязнителями;
- 6) повышение коэффициента использования топлива довести пробег машин на каждый литр топлива до 40-50 км;
- 8) снизить выбросы в атмосферу оксидов азота, как важного фактора в образовании озона; необходимо вести работу по преобразованию оксидов в газообразный азот.

В стандартах на чистый воздух необходимо выделить ряд важных условий:

1. Разработать стандарты на содержание различных фотохимических окислителей с целью защиты здоровья человека и продуктивности растительных сообществ. Наиболее разработанными считаются стандарты на все взвеси в воздухе, угарный газ, озон, серный газ и оксиды азота. Стандарты представляют собой предельно допустимые концентрации веществ (ПДК), уровень которых в течение длительного времени не наносит ущерба здоровью людей. Например, в США (Hebel, 1990) в 70-е годы были установлены следующие стандарты: на взвеси (мкг/м³) - в течение суток 260, за год 75; на оксиды серы (ррт) - за год 0,03, за сутки 0,14; на угарный газ (ррт) - в течение 8 час - 9, в течение 1 час - 35; на диоксид серы (ррт) - за год - 0,05; на озон (ррт) - в течение 1 час - 0,12. Качество воздуха определяется по загрязнителю с самой высокой концентрацией по сравнению со стандартом. Если содержание загрязнителя до 50% от стандарта, то воздух считается чистым;

если загрязнение доходит до 100% - качество воздуха умеренное; при уровне загрязнения свыше 100% от стандарта качество воздуха оценивается как нездоровое, а свыше 300% опасное для здоровья. Безусловно необходимо усилить работу по снижению оксидов азота;

- 2. Разработать стандарты на новые модели машин с высоким коэффициентом использования топлива и на количество выхлопных газов; установить ответственность заводов-изготовителей за выпуск машин, расходующих большое количество топлива и с низким уровнем его использования;
- 3. Совершенствовать систему оборудования теплоэлектростанций на угле с целью снижения выброса диоксида серы.
- 8. Парниковый эффект. Мир находится, возможно, на пороге глобального изменения климата, вызванного человеческой деятельностью. Надвигающиеся изменения климата выходят за рамки планов и желаний человека, уже практически перешли черту управляемости и могут оказаться для судьбы всего живого, включая и человека, совершенно губительными. Каковы причины и последствия этой проблемы? Основная причина нарастание в атмосфере доли парниковых газов (в основном углекислого газа), ведущее к повышению температуры, за которой следует таяние ледников и повышение уровня океана, что вызовет кардинальное изменение климата в мире.

Термин «парниковый эффект» отражает особенности функционирования парника (теплицы), в котором складываются отличные от внешней среды условия. Поэтому парник, особенно в летнее время, перегревается изнутри. Солнечный свет проникает через окна и поглощается конструкциями, почвой, растениями и другими предметами внутри парника. Световая энергия переходит в тепловую; предметы нагреваются и выделяют тепло (инфракрасное или тепловое излучение), которое в отличие от света не выходит наружу через стекло, а накапливается внутри парника, заметно повышая температуру воздуха и усиливая испарение.

Роль стекла в природе выполняют «парниковые» газы, концентрирующие тепло под создаваемой ими оболочкой вокруг Земли. Энергия света, проникая через атмосферу, поглощается поверхностью нашей планеты, переходит в тепловую и выделяется в

виде тепла (инфракрасное излучение), поглощаемого углекислым газом и некоторыми другими веществами.

Парниковый эффект в глобальном масштабе обусловливает повышение температуры приземного слоя воздуха за счет поглощения атмосферой длинноволнового излучения поверхности земли и возвращением его обратно, т.к. в космос уходит лишь незначительная часть излучения. Изменение соотношения между поглощением и рассеиванием излучения в атмосфере связано в значительной степени с попаданием в нее газов и различных аэрозолей, поглощающих тепло. Важнейшую роль играет накопление в атмосфере углекислого газа, образующегося при сжигании топлива, а также при дыхании растений и животных. Увеличение поступления в атмосферу углекислого газа в результате растущей потребности в энергии ведет к нарушению круговорота углерода и усилению парникового эффекта.

Углекислый газ является естественным компонентом атмосферы, составляющим по массе в обычных условиях примерно 0,03%. Именно сжигание топлива и мусора является важнейшим поставщиком углекислого газа в атмосферу. В мире ежегодно сжигается на теплостанциях примерно 2 млрд т угля и около 3 млрд т нефти. Растениями и животными в процессе дыхания выделяется до 200 млрд.т углекислого газа в год и около 20 млрд т углекислоты добавляется за счет сжигания органического вещества. В процессе фотосинтеза растения ежегодно могут поглотить примерно 180-190 млрд т; около 15-20 млрд т углекислоты растворяется в мировом океане при выпадении осадков в растворенной угольной кислотой. Примерно на 20 млрд т ежегодно увеличивается масса углекислоты в атмосфере, что привело в период с 1980 по 2000 гг. к увеличению её доли в атмосфере на 20-25%. Таким образом, основными причинами поступления углекислоты в атмосферу сегодня являются: 1) увеличение сжигания органического вещества, 2) вырубка лесов (они, особенно вечнозеленые, способны поглотить углекислоты в 2-3 раза больше, чем травяные сообщества, и в 15-20 раз больше, чем сельскохозяйственные посевы).

В восьмидесятые годы нашего столетия было установлено, что ряд других газов, содержащихся в атмосфере, также способствуют усилению парникового эффекта. Сюда относятся, в первую

очередь метан и хлорфторуглеводороды. Усиление выделения метана в атмосферу связано с разложением органического вещества свалок, увеличением поголовья скота, переваривающего в огромных количествах целлюлозу, прекращением разработок торфяных болот и увеличением посевов риса (под водой на заливных чеках образуется метан). Хлорфторуглеводороды широко используются в быту - в качестве растворителей, охлаждающих средств и т.д. Увеличение роли этих газов, способных поглощать тепла примерно в 50 раз больше, чем углекислый газ, усиливает озабоченность человека глобальным изменением климата.

При ежегодном увеличении  $CO_2$  на 1-2 мг на  $1\text{м}^3$  воздуха температура через 25-30 лет в мире повысится на 4-5 $^{0}$ С. В настоящее время содержание углекислого газа в воздухе составляет 336 мг/кг. Предполагается повышение доли углекислого газа до 400-450 мг/кг, что вызовет глубочайшие изменения климата на планете, а значит, и смену на ней экосистем и биосферы в целом. Иными словами, чем больше углекислого газа, тем сильнее нагревается атмосфера, поскольку все больше задерживается у поверхности земли инфракрасное (тепловое) излучение.

9. Источники парниковых газов и последствия их действия. Понятие «парниковые газы» включает углекислый газ, метан, хлорфторуглеводороды и другие газы, поглощающие тепло (инфракрасное излучение) и определяющие потепление климата. В течение длительного времени в атмосфере Земли содержание углекислого газа поддерживалось на одном уровне, поскольку его приход практически полностью уравновешивался его использованием: количество углекислого газа, выделяемого при дыхании живых организмов и горении, уравновешивалось его потреблением растениями при фотосинтезе, а также его абсорбцией водой.

Интенсивная вырубка лесов, сжигание топлива, мусора, послеуборочных остатков весьма заметно нарушают сложившийся баланс углекислого газа в атмосфере. Каждый атом углерода топлива при горении присоединяет два атома кислорода с образованием углекислого газа. Поэтому масса углекислого газа увеличивается по сравнению с массой сжигаемого топлива (газа, нефти, угля). Например, при сжигании 1 кг топлива образуется примерно 3 кг углекислого газа. Ежегодно в мире сжигается свыше 2 млрд т добываемого угля, что поставляет до 6 млрд т углекислого газа в атмосферу. К этому добавляется примерно 2 млрд т из-за сжигания лесов, мусора, соломы, выщелачивания органического вещества почвы, выбросов заводов, котельных и т.д. Все это привело к некоторому изменению доли углекислого газа в атмосфере: в начале века этот показатель составлял 0,029%, а в 1980 г он поднялся до 0,035% (разница составляет примерно 20%). Вырубка лесов усиливается, увеличивается масса сжигаемого топлива, а значит, увеличивается и концентрация углекислого газа в атмосфере.

Хлорфторуглеводороды, метан и некоторые другие газы поглощают тепло значительно интенсивнее (более чем в 50 раз) по сравнению с углекислым газом. Содержание этих газов в атмосфере невелико по сравнению с углекислым газом, но учитывая их высокую теплоемкость, нетрудно представить эффект их действия на околоземную температуру.

Если мы не прервем накопления в атмосфере парниковых газов, то во второй половине следующего столетия их концентрация возрастет примерно в два раза, что приведет (согласно компьютерным моделям) к потеплению климата в разных районах мира на  $1.5-4.5^{\circ}$ C: в холодных районах на  $10^{\circ}$ C, а в тропических - всего на  $1-2^{\circ}$ C. Между учеными нет разногласия в плане перспектив потепления на планете, но есть разногласия по поводу влияния потепления на облачность, распределение солнечной радиации и т.д.

В случае потепления при повышении температуры в среднем на 4-5 °C может произойти непоправимое в судьбе нашей планеты: начнется таяние ледников Гренландии, Северного Ледовитого океана, Южного Полюса, наконец, горных ледников, что будет способствовать существенному поднятию уровня Мирового океана. По разным оценкам новый уровень океана превысит нынешний на 1,5-2,0 м и больше, что приведет к затоплению многих прибрежных равнинных и речных пойменных территорий. Миллионы людей должны будут уйти в глубь материков и в горные районы, многие порты придется перестраивать, усилится влияние океана на сушу через усиление штормов, приливов и отливов, через затопление больших площадей освоенных плодородных земель и превращение их в водную пустыню. Без сомнения, что все это скажется

на климате Земли в целом, а значит, и на народном хозяйстве, особенно на земледелии.

Выравнивание температуры на экваторе и полюсах приведет к нарушению ныне существующей циркуляции атмосферы, движущей силой которой является именно существенная разница в их температурах. Ослабление циркуляции атмосферы повлечет за собой изменение режима осадков: районы нынешнего земледелия могут оказаться на скудном режиме осадков, а пустынные или районы тундры окажутся в переувлажненной зоне. Иными словами, нынешние центры максимального производства сельскохозяйственной продукции могут оказаться в неблагоприятных условиях, что приведет к резкому снижению производства зерна, мяса и других продуктов питания.

Надежда на орошение этих территорий невелика, поскольку уже сегодня уровень грунтовых вод заметно снизился из-за больших расходов на разные нужды народного хозяйства. По оценкам к середине следующего столетия их запасы практически будут расходованы.

Один из возможных вариантов - это перемещение сельского хозяйства на север и на юг (в районы тундры). Однако если это произойдет, то перевод сельскохозяйственного производства не окажется столь простым и быстрым на практике, как можно было бы это изложить в Программе. Потери в урожаях и в течение длительного времени неизбежны, а в связи с этим неизбежен и мировой голод.

Увеличение содержания в атмосфере парниковых газов, поглощающих тепло, сегодня уже мало кто отрицает, поскольку оно весьма заметно проявляется от года к году. В 80-е годы, уже не говоря о 70-х XX века, на этот факт политики и государственные деятели практически не обращали внимания, отодвигая в своих мыслях возможные последствия на весьма отдаленное будущее. Этому способствовали и сильные погодные колебания, что в определенной степени сглаживало тенденцию постепенного нарастания температуры. К сожалению, в экологической ситуации многие явления, казалось бы, далекого будущего, быстро становятся сегодняшними. Это можно заметить, проследив за динамикой климата на нашей планете за последние 50-60 лет. В 80-е годы XX века за-

суха, причем длительная, отмечена в Южной Африке (огромная территория Калахари) с 1981 по 1986 гг., в Северной Америке в течение последнего десятилетия (1980-1989 гг.) 6 лет (1980, 1981, 1983, 1986, 1987, 1988 годы) были засушливыми, в Европейской части первая половина этого десятилетия тоже отмечалась жарким климатом.

Все приведенные факты свидетельствуют о том, что региональное влияние парникового состояния климата уже начало проявляться. Изменение температурного режима суши сопровождается постепенным и постоянным нагреванием мирового океана примерно на  $0.1\,^{0}$ С ежегодно. Если учесть, что океан практически не реагирует на временные климатические изменения, то повышение его температуры за последние полтора десятка лет подчеркивает всю остроту складывающейся в мире ситуации.

Продолжительные засухи в одних местах и усиление влажности в других могут перерасти незаметно в постоянные, что приведет к непредсказуемым последствиям. Парниковое влияние на климат планеты, по всей видимости, будет нарастать, если не будут приняты серьезные межгосударственные Программы по исправлению складывающейся ситуации, обусловливаемой развитием промышленности, транспорта и сжиганием огромного количества топлива.

Существует ли альтернатива нынешнему развитию мирового пространства? Как полагают ученые, да. Не снижая уровень энергетического обеспечения хозяйственного развития отдельных стран, следует вести активные работы по следующим направлениям:

- 1. Прекращение вырубки и сокращения площадей под лесом, организация их повсеместных посадок.
- 2. Увеличение площадей посадок деревьев и кустарников, занимая под них бросовые площади бытовых и промышленных свалок, выработанных карьеров, в городах, поселках, вдоль дорог, русел рек, по берегам лиманов, озер, водохранилищ и т.д.
- 3. Создание многолетних растительных сообществ на землях, подвергающихся сильной водной и ветровой эрозии; создание в городских скверах многолетних газонов и т.п., чтобы не оставался оголенным ни один пятачок поверхности почвы.

- 4. Создание и внедрение бестопливных источников энергии (например, солнечная, подземных горячих источников и т.д.).
- 5. Повышение коэффициента использования горючего транспортными средствами.
  - 6. Разумное использование транспорта и горючего.

Работы в указанных выше направлениях будут способствовать снижению парникового эффекта и загрязнению природы в целом, повышению устойчивости биосферы, поддержанию видового многообразия живых организмов, защите почвенных и водных ресурсов планеты.

10. Проблемы озонового слоя. Солнце излучает на нашу планету видимый свет (красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый), длины волн которого находятся в диапазоне от 0,4 до 0,7 мкм, а также мощное ультрафиолетовое излучение с длиной волны 0,1-0,01 мкм, совершенно не воспринимаемое глазом человека. Ультрафиолетовые лучи отличаются значительно более высокой энергией, чем видимые; они проникают через толщу атмосферы, поглощаются тканями организмов и разрушают их белковые структуры и молекулы ДНК (это происходит, когда мы принимаем загар). Тем не менее, через атмосферу проникает лишь незначительная часть ультрафиолета, излучаемого Солнцем. Если бы на землю проходил весь коротковолновый спектр, то ныне существующие на ней организмы сгорели бы и жизнь в нынешнем виде не могла бы существовать. Всего до земной поверхности доходит менее 1% излучаемого Солнцем ультрафиолета, что является причиной онкологических заболеваний кожи примерно у 5-10 млн человек в мире ежегодно.

Основная часть ультрафиолета, излучаемого солнцем (примерно 99,1-99,3%), поглощается озоновым слоем (щитом, экраном), где поддерживается динамическое равновесие между озоном и кислородом.

Озон - очень неустойчивый газ, весьма сильный окислитель. Главная масса озона сосредоточена от Земли на высотах от 10 до 60 км, а в пределах 22-25 км отмечено максимальное накопление, что и обеспечивает формирование озонового экрана. Озоновый слой не отличается особой плотностью. В зависимости от времени года и широты при переводе на плотность приземной атмосферы

слой озона в целом колеблется от 2,5 до 5,2 мм; средняя концентрация озона в стратосфере составляет около 3 ppm.

Доля озона в стратосфере в различных районах мира заметно варьирует. Допускаются погодичные колебания в содержании озона в одном районе до 30%, но среднегодовые не должны превышать 10%. Такие сдвиги в концентрации озона обусловлены естественной динамикой образования и разрушения озона.

Однако роль озона в оболочке биосферы несравненно велика. Поглощая ультрафиолет, озоновый слой предохраняет живые организмы от губительного воздействия солнечного излучения высоких энергий (У $\Phi$ -лучей).

Образование озона (а значит, и поддержание озонового слоя) обеспечивается тем же ультрафиолетом. Под воздействием ультрафиолета молекулы кислорода распадаются на свободные атомы и присоединяются к другим молекулам кислорода или озона:

 $O_2$   $\longrightarrow$  O+O;  $O_2+O \longrightarrow O_3$ . Возможно присоединение свободных атомов кислорода к молекулам озона с образованием двух молекул кислорода ( $O+O_3=2O_2$ ). Такая динамичность реакций под действием ультрафиолета поддерживает равновесие между озоном и кислородом в стратосфере.

Загрязнители типа хлорфторуглеводорода (ХФУ) и окислов азота усиливают распад озона, и равновесие между кислородом и озоном нарушается с образованием большого количества молекул кислорода, свободно пропускающих ультрафиолет через свои слои. В связи с такой ролью озонового слоя в жизни нашей планеты необходимость его сохранения вполне очевидна, как безусловна необходимость ликвидации или хотя бы существенного сокращения загрязнителей, разрушающих озоновый слой.

Образование озона в стратосфере, как отмечалось выше, связано с воздействием ультрафиолетовых лучей на молекулы кислорода, и поэтому его количество непостоянно. На процесс распада молекул озона влияют некоторые катализаторы. К таким отнесены хлор и азот, поставляемые в тропосферу и стратосферу человеком в течение длительного времени. Поскольку атомы хлора и молекулы оксидов азота очень медленно уходят из стратосферы, то даже

небольшое количество этих веществ наносит озоновому слою весьма ощутимый вред.

Основная часть хлора, применяемого для очистки воды, находится в растворенном состоянии в виде соединений или ионов. Иными словами, сначала хлор выделяется из тропосферы до его попадания в стратосферу. Углеводородные молекулы, где некоторые атомы водорода замещены хлором и фтором, встречаются редко.

Хлорфторуглеводороды (ХФУ) газообразные, в воде не растворяются и из тропосферы не вымываются, а распространяясь, наоборот, достигают стратосферы, где распадаются с высвобождением атомного хлора, разрушающего озон. Именно газообразные хлорфторуглеводороды выступают в качестве переносчиков хлора в стратосферу. Хлорфторуглеводороды весьма широко применяются в хозяйственных целях: в качестве хладагентов их используют в кондиционерах, тепловых насосах, холодильниках (при выбрасывании содержащих ХФУ поломанных частей из различных машин газ уходит в атмосферу); в химической промышленности при производстве пористых пластмасс (они растворимы в органических соединениях при высоком давлении и, вспенивая пластмассу при понижении давления, улетучиваются в атмосферу); используются в электронной промышленности для очистки компьютерных микросхем, откуда они попадают в атмосферу; в качестве носителей используются в аэрозольных баллончиках, распыляемых в воздухе.

На состояние озонового щита не меньшее влияние оказывают улетучивающиеся в стратосферу оксиды азота и прежде всего веселящий газ ( $N_2O$ ), образующиеся при применении азотных удобрений в сельском хозяйстве, а также выбрасываемые с газами автотранспорта и другими источниками загрязнения воздуха.

Хлорфторуглеводороды и веселящий газ не разлагаются и поднимаются до озонового слоя, где и вступают в химическую реакцию с озоном. В такой ситуации молекулы озона распадаются быстрее  $(O_3 \to O_2 + O)$ , чем образуются  $(O_2 + O \to O_3)$  под действием ультрафиолета.

Существенными факторами, наносящими ущерб озоновому слою, в результате выделения озонразрушающих загрязнителей

являются: сверхзвуковая авиация, летающая в стратосфере (вода и оксиды азота); ядерные взрывы в атмосфере (окислов азота), кроме того, при ядерной войне усиление поступления ультрафиолета наряду с выпадением радиоактивных осадков на землю также станет серьезной проблемой; азотные удобрения и процессы нитрификации в почве также являются источником окислов азота; наконец, соединения брома (например, в сельском хозяйстве используется в качестве фумиганта бромистый метил), основной элемент которых бром разрушает молекулу озона, а также соединения четыреххлористого углерода и метилхлороформа, выделяющих значительные массы хлора.

Одним из проявлений нарушения баланса между кислородом и озоном в стратосфере было появление так называемых дыр в озоновом слое. С появлением гипотезы зависимости озонового слоя от  $X\Phi Y$  в некоторых странах запретили использовать их в аэрозольных баллончиках, хотя в других целях их продолжают использовать и в настоящее время. Первоначально отмечалось ежегодно незначительное снижение озона (всего на 2-3%) в атмосфере.

Взрывом бомбы оказалось сообщение осенью 1985 г. об обнаружении спутниками дыры в озоновом слое над Южным полюсом, где на территории, сходной по площади с США, содержание озона упало на 50%. Если бы эта дыра появилась в другом месте, то влияние ультрафиолета оказалось бы губительным для многих живых организмов. Через 2 года эта дыра увеличилась в размерах. Было установлено, что облака, образующиеся при весьма низких температурах, усиливают освобождение атомов хлора из ХФУ. Иными словами, в период холодной зимы количество хлора нарастает, а с весенним солнцем зона активности хлора расширяется.

Изучение стратосферы над Арктикой зимой 1989 г. показало наличие вблизи озонового слоя тех же химических агентов, что и над Южным полюсом. Было сделано предположение, что и здесь возможно появление озоновых дыр. Появление озоновых дыр над Арктикой обусловит более серьезные последствия, прежде всего влияние на фитопланктон, который является начальным звеном многих пищевых цепей этого региона.

Сохранение нынешнего уровня выбросов ХФУ и оксидов азота в атмосферу приведет к расширению озоновых дыр не только над полюсами, но и над планетой в целом. Доказательством тому служат недавние сообщения Российской академии о появлении дыр над Сибирью.

В мире развернута широкая борьба за сохранение озонового щита. Участники Монреальской (Канада) встречи в 1986 г. в рамках Программы по окружающей среде достигли соглашения о сокращения производства ХФУ до 1989 г. на 50%. Это было до обнаружения возможного воздействия на озоновый щит Арктики. Конференция 1989 г. в Хельсинки наметила полный отказ от производства ХФУ к 2000 г. Однако даже сегодняшние запасы ХФУ в холодильниках и кондиционерах способны существенно увеличить количество хлора в стратосфере. Новый век уже наступи, но по прекращению производства и использования ХФУ сделано еще недостаточно.

Сократить поступление в атмосферу оксидов азота возможно путём перевода земледелия на альтернативные экологичные технологии, с одной стороны, и при значительном снижении их выбросов автомобилями и различными предприятиями, с другой стороны. Это значит, что необходимо совершенствовать технологии, улучшать двигатели, переходить на альтернативные источники энергии.

11. Есть и другая точка зрения, которая противопоставляет антропогенному процессу естественный, и её не следует игнорировать. Климат планеты стремительно меняется. Из тридцати последних лет (1981-2011 гг.) двадцать четыре оказались самыми теплыми за всю историю метеорологических наблюдений (начиная с середины XVII века), а 1995 г. был на 0,75°C теплее климатической нормы конца прошлого века.

В широком общественном сознании укрепилась простая схема взаимоотношений человеческой деятельности и климата, в основе которой лежит сжигание органического топлива. Углекислый газ накапливается в атмосфере и задерживает часть отраженного поверхностью Земли солнечного излучения. Не только  ${\rm CO}_2$  обладает свойством парникового эффекта. К парниковым газам

относятся метан, закись азота, фреоны, озон и другие газы, присутствие которых в атмосфере также обусловлено антропогенными причинами. Исследования показывают, что вклад малых парниковых газов, имеющих в атмосфере суммарный эффект, сейчас достигает 40%. Кроме того, в анализе причин изменения климата следует принять в расчет естественные процессы, не связанные с человеческой деятельностью.

Следует отметить, что температура испытывала значительные колебания еще задолго до того, как человек мог оказать сколько-нибудь заметное влияние на глобальные процессы циркуляции атмосферы и ее газовый состав. Изменение первых двух факторов в последние 200 лет вызывается в основном антропогенной деятельностью и, в первую очередь, сжиганием органического топлива.

Сейчас большая часть серы (около 60%), попадающей в атмосферу, имеет антропогенное происхождение и её поступление обусловлено сжиганием ископаемого топлива и биомассы, а также выбросами некоторых производств (серной кислоты, меди, цинка и др.). Развитие технологий сероулавливания в энергетике и в промышленности привело к тому, что на рубеже нынешних веков эмиссия серы и концентрация тропосферного аэрозоля стабилизировались. После 2030 г., по мере совершенствования технологий сероулавливания, в условиях роста потребления энергии начнется снижение эмиссии серы и к концу XXI века этот источник выброса серы должен исчезнуть.

Признаки потепления атмосферы обнаружили еще в конце XIX, и они достаточно активно проявлялись в XX веке. В XXI столетии эта тенденция продолжается. Средняя температура будет возрастать в результате продолжающегося накоплении в атмосфере парниковых газов. Естественные факторы, наоборот, будут действовать в направления похолодания и тем самым значительно уменьшат вызванное антропогенное потепление. Средний рост температуры за столетие составит примерно 1,2°C. Усредненная оценка грядущего потепления не дает пессимистических и тем более катастрофических прогнозов. Ожидаемое повышение температуры в XXI столетии находится в пределах отметок климатическо-

го оптимума, наблюдавшегося 6-5 тысяч лет тому назад и отличавшегося чрезвычайно благоприятными природными условиями. Как показывают расчеты, различные варианты ограничения

эмиссии  $CO_2$  окажут слабое влияние на уровень повышения температуры к 2050 году в пределах  $\pm$  0,3°C, что соответствует уровню межгодовой изменчивости климата. В этой связи предлагаемые мировым сообществом (рамочная конвенция ООН об изменении климата, принятая в 1992 г. на Всемирной конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, конференция в Киото стран-участниц конвенции в декабре 1992 г.) жесткие меры; по ограничению эмиссии СО<sub>2</sub>, а затем после 2000 г. - и прекращению эмиссии СО<sub>2</sub> (Берлинский мандат стран-участниц рамочной конвенции и Европейского союза 1995 г.) представляются несколько поспешными. Ограничение или прекращение эмиссии в нынешних условиях означает снижение потребления энергии. Если для развитых стран, где уже достигнут стабильный уровень душевого потребления энергии и практически не растет численность населения, это скажется незначительно на уровне жизни населения, то для других стран, включая Россию, такое ограничение лишит их возможности выйти в разряд ведущих держав, играющих скольконибудь заметную роль в мире. Иными словами, человек может оказывать существенное влияние лишь на один важный климатообразующий фактор - концентрацию парниковых газов.

Увеличение количества этих газов в атмосфере ведет к потеплению климата. Однако этот эффект в настоящее время и в ближайшем будущем в определенной степени будет компенсироваться действием естественных факторов, которые, наоборот на фоне климатообразующей деятельности людей действуют на климат в направлении похолодания. Ожидаемые изменения климата могут оказаться вполне благоприятными, и в максимальной степени в них заинтересована Россия. В этом смысле можно говорить, что человечеству повезло - в данном случае его производственная деятельность не только не приведет к тяжелым последствиям, но даже в чем-то сгладит неблагоприятные естественные тенденции в изменении климата. К сожалению, подобный пример прогностичен и будет, наверное, единственным и оптимистичным в истории взаимоотношений человека и окружающей среды.

## ГЛАВА 8. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ

1. Причины загрязнения водоемов в крае. Проблема загрязнения водных объектов (моря, реки, озера, грунтовые воды и др.) является весьма актуальной. Всем хорошо известно: вода - это жизнь. Человек не может прожить без воды больше 3 суток. Понимая всю важность воды в своей жизни, человек продолжает эксплуатировать водные объекты, изменяя их естественный режим и состав воды сбросами и отходами (Данилов-Данильян, 1997). Ткани животных организмов на 70% состоят из воды, и потому В.И. Вернадский определял жизнь как живую воду. На Земле воды много, но 97% - это соленая вода морей и океанов и всего лишь 3% вода пресная. Примерно три четверти воды живым организмам недоступны, поскольку она находится в ледниках и полярных шапках. Арктика, Антарктика – это резерв пресной воды на Земле. Доступная вода в основном заключена в тканях организмов. Для образования 5 кг древесины расходуется до 500 кг воды, и при таком расходе её нужно экономить и очищать.

Основная часть воды находится в океанах. Испаряющаяся вода освежает естественные и искусственные экосистемы. Территории, ближе располагающиеся к океану, имеют лучший режим увлажнения. Суша возвращает воду испарением, особенно благодаря лесам, часть собирается реками, в которые попадают дождевые воды. Обмен воды между океаном и сушей требует высоких затрат энергии: на это затрачивается примерно до 1/3 энергии, получаемой от Солнца Землей.

С развитием цивилизации уровень воды в реках стал нарушаться; реки южных районов обмелели, океан из-за поверхностной нефтяной пленки уменьшает количество испаряемой воды, что

сказывается на водоснабжении биосферы. В связи с этим более частыми становятся засухи, возникают очаги экологического бедствия, особенно в районе Калахари, и еще хуже ситуация - в районе Намиб. Часто возвращаемая с суши вода загрязнена и практически становится непригодной для использования человеком. Неисчерпаемый, как казалось прежде, источник воды стал иссекаемым. Сегодня во многих странах мира не хватает пригодной воды для питья.

В Краснодарском крае особое значение имеют крупные реки Кубань и её притоки Белая, Лаба, Пшиш, Псекупс, Теберда, Большой Зеленчук, Малый Зеленчук и десятки других малых рек. На территории края в реку Кубань впадают свыше 10500 малых рек. На всей площади Краснодарского края малых рек, имеющих полный и временный сток, насчитывается свыше 14000 тысяч. Природа Кубани преобразована трудом многих поколений. Каждое последующее поколение приспосабливалось к очередным изменениям лесов и степей, к пересыхающим малым речкам и родникам, к участившимся засухам, поредевшему растительному покрову, к посаженным лесопаркам и другим последствиям воздействия на природу.

В силу своей природной уязвимости малые реки весьма остро реагируют на деятельность человека: при вырубке леса, распашке и орошении земель быстрее загрязняются, слабее самоочищаются, быстрее теряют основные источники пополнения и устойчивость к поддержанию многообразия растений и животных. Век тому назад количество рек в крае было на 30-35% больше, а родников больше в 2,0-2,5 раза. Мощные широколиственные дубравы с кленом и ясенем с глубокими корневыми системами переводили дождевую воду в подпочвенные стоки по берегам рек и на склонах гор снижали их половодье, предотвращали высокие весенние паводки и насыщали водоносные горизонты в летнюю межень.

В правой части края реки доходили до Азовского моря и до своей середины были судоходны. Почвы малых рек обладали хорошим плодородием и позволяли снимать высокие урожаи ценного сена. Чем выше урожайность лугов, тем лучше становится почва. Помимо плодородного наилка, в отдельные годы на почвах сложился благоприятный водный и воздушный режим. По берегам рек

запрещалась вырубка деревьев и кустарников. На сенокосах малых рек запрещалась пастьба скота, за потраву взыскивали строго. Теперь лугов практически нет, а оставшиеся используются как пастбища, и весьма малопродуктивные. На пастбищах стали преобладать малоценные и низкопитательные растения.

В результате вырубок в отдельных местах участились наводнения. Особенно это характерно для горных рек. Безусловно, реки должны иметь своего хозяина — от своего истока и до дельты и уреза воды. За 100-летие число наводнений удвоилось, причиной чего явилось возведение на них водохранилищ, особенно на крупных реках. Роль признанных естественных гидротехнических систем перешла от леса к искусственным гидросистемам. Сегодня на Кубани от широколиственных лесов в правобережной части осталось не больше 1%, включая и лесные посадки. Более половины древесных насаждений по берегам рек занимают малоценные тополя, осинники, в лучшем случае вербы, вытягивающие большое количество воды из почвы, в силу чего грунтовые воды и малые реки недополучают её, особенно в межень.

На территории края за последние сто лет было потеряно более 100 рек и ручьев, свыше 10 озер, прудов и 30 болот. Это свидетельствует о недооценке небольших речек в создании ландшафтного облика края. Кубанские реки страдают и от химического загрязнения. Ежегодно с территории Краснодара и других городов смывается в реку Кубань до десятков тысяч взвешенных веществ и тысячи тонн нефтепродуктов. Весьма существенно превышают нормативы концентрации железа и аммиака, на порядок увеличивается бактериальное загрязнение. При перегрузке сточными водами в реке Кубани прекращаются нормальные процессы жизнедеятельности организмов, расходуется значительная часть растворенного в ней кислорода, а в отдельных местах водоток превращается в канализационный коллектор.

Немалую лепту в загрязнение водоемов вносит и сельское хозяйство Кубани, особенно в её северной части. Например, минерализация воды за 12 лет в реках Ея, Бейсуг, Челбас и других превышена более чем в 2 раза за счет сноса с полей суперфосфата, аммиачной селитры и других удобрений. Усилилась эвтрофикация водоемов, что привело к активному развитию водорослей. В част-

ных хозяйствах главный смысл сельхозпроизводства видят в получении чистой прибыли, не желая расходовать средства на охрану природы малых рек.

Большой вред водоемам наносят животноводческие комплексы - источники птичьего помета и свиного навоза. Дополняют ущерб малые предприятия, а также распашка прибрежных территорий частниками под огороды до уреза воды. Во время половодья и дождей усиливаются стоки со свалок; механический и бытовой мусор все больше засоряет малые реки.

Используемая человеком вода выключается из круговорота; введение в круговорот воды производимых человеком промышленных и бытовых стоков и отходов, с одной стороны, а с другой стороны, вырубка лесов, распашка склонов, строительство дорог, городов, оголение земель и т.д., повышающих поверхностный сток и загрязняющих поверхностные воды, - вот основные формы вмешательства человека в нормальный природный оборот воды. Одним из последствий такого вмешательства является снижение уровня грунтовых вод во многих районах мира. Остановимся на особенностях загрязнения разных форм воды при различных способах её использования.

2. Загрязнение поверхностных вод. Основную часть пресной воды для своего использования человек получает из поверхностных источников. С этой целью строились многочисленные плотины и водохранилища в различных районах мира, наполняемые в период мощного поверхностного стока и используемые в период нехватки воды. Роль водохранилищ и плотин, безусловно, шире: они служат зоной отдыха, источником энергии (строительство ГЭС), контролируют паводки и т.д. Первоначально из водохранилищ вода поступает в очистные сооружения, где проводится ее очистка и хлорирование. Использованная затем человеком вода возвращается в природу, хотя и загрязненной.

Во всех реках, проходящих через города и поселки, по всей их длине вода используется населением на различные нужды. Поэтому до места впадения река существенно сокращает свои водные ресурсы. Возвращаемая в реку вода после её использования сильно загрязняется, создавая проблемы для развития природных экосистем и, естественно, самому человеку. Нередко получается так,

что чем дальше от верховьев, тем сильнее загрязнена река, потому что в нее по всей длине сбрасываются загрязненные стоки. Положение усугубляется промышленными стоками и отходами. Небольшие предприятия берут воду для своих нужд, как правило, из общегородской канализационной сети и, использовав и загрязнив ее, сбрасывают в городскую систему стоков.

Крупные предприятия, построенные на берегах крупных водоемов, откуда они берут и используют воду, загрязняют её и сюда же сбрасывают. Все посторонние вещества, вызывающие нарушение норм качества воды, относят к загрязняющим. В водные системы дополнительно попадают минеральные, органические и биологические примеси. К минеральным примесям поверхностных вод относятся песок, зола, глина, шлаки, растворы солей, щелочи, радиоактивные вещества; к органическим - различные отходы животных, смолы, фенолы, красители, альдегиды и др.; к биологическим - белки, жиры, органические масла и т.д.

Наиболее опасными загрязнителями поверхностных вод являются поверхностно активные вещества, используемые в промышленности и в быту: эмульгаторы и пенообразователи образуют на поверхности воды пену, резко снижают насыщение воды кислородом, разрушают органику и парализуют деятельность микроорганизмов. Эти вещества очень медленно дезактивируются. Велика проблема заражения поверхностных вод также пестицидами и нефтепродуктами, покрывающими воду тонкой пленкой, вызывающей гибель водных организмов.

Поверхностные воды загрязняются тяжелыми металлами, из которых в водоемах края широко встречаются ртуть, свинец, кадмий, а также химически активные соединения - альдегиды, красители, фенолы и т.д. Нередко в реки сбрасывается теплая вода, используемая для охлаждения промышленных агрегатов; повышение температуры воды способствует накоплению органического вещества, что негативно влияет на жизнедеятельность водных экосистем и вызывает их разрушение. Безусловно, воду необходимо очищать и рециклизировать. Это возвратный вариант использования, тогда как орошение, при котором вода испаряется и уходит в атмосферу, является безвозвратным примером её использования.

Процессы испарения и конденсации лежат в основе очистки воды (дистилляция): при испарении в воздух уходят только молекулы воды, а все соли и растворенные в воде вещества (кроме газов и летучих жидкостей) остаются на месте; конденсирующийся водяной пар дает чистую воду. Иными словами, земля и атмосфера работают по типу огромного опреснителя: вода морей и океанов испаряется и очищается, а при конденсации в атмосфере выпадает на землю пресной. Вся пресная вода на Земле образуется именно таким путем. Очищать воду по типу дистилляции в больших объемах искусственно - это весьма затратное мероприятие.

Растет население, развивается промышленность, увеличивается потребность в воде, но удовлетворить все нужды с каждым годом становится сложнее: строительство водохранилищ подошло к своему оптимуму, а на других источниках усиливается загрязнение воды. Увеличивается использование грунтовых вод из-за строительства скважин и колодцев. Однако это приводит к понижению уровня грунтовых вод, что начинает заметно сказываться на продуктивности сельскохозяйственных полей и обеспечении водой отдельных регионов.

В настоящее время, безусловно, необходимо четко планировать расходование пресных вод. При использовании свыше 30% годового стока речных вод ставит под угрозу обеспечение населения водой на ближайшие годы. В большинстве случаев потребность в пресной воде доходит до 90% и выше от среднегодового стока. Особенно это проявляется в южных и юго-восточных районах России. Положение рек усугубляется постоянным их загрязнением, что ведет к полной смене их экосистем. Ярким примером тому может служить река Кубань. Отвод воды из реки затрагивает не только её экосистему, но и экосистемы болот, ранее подпитываемых ее разливами, а также морских заливов, куда река впадает. Это привело к гибели болот и тех экосистем, которые сложились на их базе, а также экосистем эстуариев, где размножались многие виды ценных рыб и водной дичи.

В связи с сокращением притока пресной воды в заливах морей соленость повышается и их экология заметно меняется. Поскольку значительная часть воды из реки Кубань разбирается на хозяйственные нужды, то на всем расстоянии по ее течению суще-

ственно сократились запасы рыбы в самой реке и подпитывающихся ею болотах, снизились популяции многих водных птиц, сократились рыбные запасы и Темрюкского залива, куда впадает река. Таких примеров можно привести немало.

3. Кислород в воде и его использование. Насыщение воды кислородом зависит от температуры и её химической "чистоты" и доходит в благоприятных условиях до 8-9 мг/л (зимой больше, а летом меньше). Концентрация кислорода резко падает, если в воде много органических веществ, при окислении которых кислород сильно расходуется бактериями и простейшими. В таких условиях практически невозможна жизнь рыб и вообще аэробных организмов, но здесь достаточно интенсивно увеличивают свои популяции бактерии, использующие в качестве источника энергии серу, атомы которой похожи по строению на атомы кислорода (но имеют дополнительную электронную оболочку) и представлены в органических соединениях. В этой ситуации сера замещает кислород в реакциях окисления с образованием сульфида водорода (сероводород - Н<sub>2</sub>S) со специфическим запахом тухлых яиц.

Таким образом, сброс в водоемы сточных вод способствует быстрому расходованию кислорода и даже его исчезновению, что вызывает гибель ценных рыб и делает воду практически непригодной для нужд человека.

Растущую потребность в воде можно удовлетворить увеличением ее расхода или, наоборот, экономией. Если идти по первому варианту, то трудно предсказать его последствия, но можно утверждать, что он не способен решить проблемы водоснабжения в перспективном плане. Более того, этот вариант приведет к усугублению ситуации в недалеком будущем.

Безусловно, надо искать оптимальные пути второго варианта - экономно расходовать воду. Одно из направлений экономии использования воды - это совершенствование орошения, которое осуществляется при выращивании кукурузы, овощных и других культур (кроме риса) напуском по бороздам, при котором до 75% воды расходуется без пользы, идет на испарение, поверхностный сток и инфильтрацию. Отказ от полива по бороздам и переход, скажем, на капельный вариант полива сохранит огромное количество воды.

Следует проанализировать также технологию выращивания риса и определить экономическую выгоду выращивания этой культуры, чтобы понять смысл сохранения его посевов на всей нынешней площади. Не исключена возможность, что на некоторых землях нынешнего рисосеяния по ряду причин, включая и необходимость экономии расходования воды, сельхозпроизводителям целесообразнее переключиться на производство другой продукции, менее затратной по потребности в воде.

Водные системы Кубани испытывают высокую антропогенную нагрузку. В поверхностные воды края в 1995 г. было сброшено около 8 млрд/м³ воды, из которых около 4 млрд/м³ составляют загрязненные стоки. В сбросах отмечено повышенное содержание соединений меди, железа, цинка, углеводородов и нитратов. Следует выделить загрязненные стоки с рисовых систем (в 1992 г. свыше 2,5 млрд/м³), сбросивших в реки значительное количество пестицидов.

Ежегодно человек расходует в быту большое количество воды (до 300 литров в день и больше): стирка - до 100 литров за один раз, ванная до 100 литров и больше за день, туалет, уборка квартиры и другие хозяйственные нужды - до 50 и более литров в день. Если добавить сюда поливы приусадебного участка, а также расход воды на домашних животных и т.д., то величина этого показателя существенно возрастает. Если хорошо проанализировать все расходы воды, то практически все «статьи» можно существенно уменьшить (до 100 литров в день на человека) и тогда нетрудно себе представить, насколько сократятся расходы воды на весь поселок, городской квартал, край. Если еще к этому добавить своевременное закрытие кранов в общежитиях, отремонтировать общественные туалеты, своевременно осуществлять ремонт водопроводов и т.д., то, как минимум, до 25-30% мы могли бы сократить расход воды, а это значит - снизить поток бытовых стоков в реки, уменьшить забор воды в реках, сократить нагрузку на очистные сооружения и т.д. Можно ли в этом плане что-то сделать реально? Безусловно, можно, если нам удастся убедить население в сложности проблемы и возможности ее разрешения самими же людьми.

4. Совершенствование использования воды. Каждый водоем - река, озеро, болото, лиман - имеет свой водосборный бассейн:

территорию суши, с которой вода поступает в водоем. Если водосборный бассейн представлен естественным лугом, лесом, то большая часть дождевой воды инфильтруется, просачивается сквозь почву и поступает в грунтовые воды. Сильные ливни создают также поверхностный сток, пополняя запасы водоемов. В этом случае поверхностные воды существенно пополняются и за счет грунтовых вод через их выход в виде родников. Небольшая речушка, протекая по такому водосбору, не пересыхает в сухие сезоны, поскольку питается родниками, и не создает паводок в период сильных дождей, поскольку вода, инфильтруясь, уходит в грунт. Речушка обеспечивает жизнь водной экосистемы и окружающих ее прибрежных сообществ, которые зависят от обеспеченности водой и формируют нередко весьма сложные пищевые сети, определяемые специфическим набором видов беспозвоночных, водорослей, грибов, высших растений, земноводных, рыб, животных суши.

Своей деятельностью человек всегда нарушает установившиеся отношение инфильтрации к поверхностному стоку. Этому способствуют такие действия человека, как распашка земель, особенно склонов, вырубка лесов, строительство городов, дорог, нарушение горизонта почвы и т.д., что ведет к существенному увеличению поверхностного стока. Уплотнение почвы в результате непродуманной обработки также ведет к увеличению поверхностного стока. Такую же роль выполняет перевыпас, увлечение сплошным асфальтированием городских улиц и скверов и т.д.

К чему приводит увеличение поверхностного стока? Основная масса дождевой воды направляется в поселках в реки, а в городах - в канализационные трубы, а затем в реки. Идет переполнение водного потока, и река разрушает свои берега, поднимая их, смывая деревья, кустарники, дернину трав. Последние, попадая на широкие разливы, где сила потока ослабляется, скапливаются, преграждая путь воде, усиливая ее разлив, размыв берегов и развивая эрозию.

В естественной ситуации тоже возможен размыв берегов в отдельные годы, но не такой мощный, и разрушенные берега достаточно быстро зарастают растительностью. С нарастанием поверхностного стока эрозия усиливается и равновесие нарушается,

берега становятся неустойчивыми против разлива рек. Может наносить повреждения берегу и неправильно расположенная водоносная труба, вымывающая овраг в береговой полосе реки. Ил и глина уносятся течением, а часть песка и камни оседают на дно реки, постепенно поднимая ее уровень и усиливая ее воздействие на берег, что нередко приводит к разливам реки, смене русла, усилению эрозии, смене экосистемы на сухом участке вплоть до заболачивания большой территории или превращения небольшого ручья между деревьями в широкую и глубокую промоину, засыпанную песком, гравием и отмершей растительностью.

Поверхностный сток из большого водозабора, объединяющего несколько речек, достигает крупной реки и нередко обусловливает паводки, которые в обычных условиях не выступают столь мощными разрушителями. Увеличение поверхностного стока нередко вызывает разрушительные паводки, наносящие огромный ущерб хозяйствам. Чаще всего страдают пригородные хозяйства крупных городов, поскольку ранее существовавшие водозаборные бассейны (пруды, озера, речки) засыпаны и заасфальтированы.

Увеличивающийся поверхностный сток представляет собой сильно загрязненный поток, включающий смытую почву, биогены из минеральных удобрений, вносимых на полях и в садах, пестициды (включая гербициды и инсектициды), используемые на сельскохозяйственных полях, экскременты животных и человека и связанные с ними бактерии (включая патогены), химические вещества, горючее и масла дорожных покрытий и автомобильных стоянок, ядовитые вещества выхлопных газов и другие загрязнители воздуха, различный мусор, бытовые и промышленные стоки и отходы. Поверхностные стоки стали основным загрязнителем рек и других водных бассейнов. В промышленных районах в год в реки попадает свыше 120 т свинца, что в несколько раз превышает его поступление в промышленные стоки.

Уменьшение инфильтрации снижает уровень грунтовой воды, даже если она используется на хозяйственные нужды. Строительство городов усиливает поверхностный сток и снижает инфильтрацию, обусловливает возможность притока соленых вод в прибрежных районах, просадку грунта и т.д.; снижается выход родников на поверхность, небольшие речки в сухой период года

обрекаются на высыхание. Многие из степных речек перешли к весьма неустойчивому состоянию: паводки весной и пересыхание летом. В конечном итоге это приводит к гибели существовавшей богатой экосистемы и формированию новой весьма непродуктивной, но способной устоять против столь резких изменений среды за короткий период.

5. Дождевая вода и снег. Мы стремимся избавится в городе от дождевой воды и снега как можно быстрее. С этой целью с наклоном устроены дороги, автостоянки, газоны. С них дождевая вода и вода талого снега быстро попадают в дренажную сеть и отводятся в реку. В случае паводков ручьи, по которым дождевая и снеговая вода отводится в реки, превращаются в каналы с облицованными берегами и углубленным руслом, что сводит к минимуму возможность паводков. Безусловно, каналы лучше переносят воду и какой-то мусор, но они совершенно меняют условия многих местообитаний, лишая птиц гнездования, а рыб и животных их пристанищ и т.д. Вода каналами перебрасывается в другой район, обостряя ситуацию паводка в новом месте.

Какие возможны другие решения, включая и возможность использования воды в городах и крупных населенных пунктах? Существует новая точка зрения: не отводить дождевую или снеговую воду из города, а использовать ее здесь: проводить накопление дождевой воды в местах выпадения и направлять в широкие мелкие рвы, заполненные гравием, устраивать газоны с понижением для сбора дождевой и снеговой воды в неглубоких широких впадинах, где она инфильтруется в грунт; строить автомобильные стоянки с пористым покрытием (из щебня, гальки); сооружать крупные резервуары в районах новостроек с возможностью последующего использования воды и в других местах и целях (резервуары могут стать пристанищем для птиц, и вода может использоваться для полива газонов, мытья машин; рассмотреть возможность использования таких резервуаров в рекреационных целях и т.д.). Такое обустройство приема и отвода дождевой и снеговой воды усилит ее инфильтрацию в грунт и снизит поверхностный разрушительный сток до естественного уровня.

Дождевая вода собирается в стеклянные приемники осадков с воронками или обычными банками (емкость 0,5 л). Приемник

устанавливается на высоте 1 м, и в него не должна попадать дождевая вода с деревьев и крыш зданий. С окончанием дождя определяется количество выпавшего осадка в слое воды(мм): измеряются жидкие осадки (мл), площадь воронки (горлышка банки) (см²); количество осадков в мл делится на площадь сечения воронки (горлышка банки) и умножается на 10. В результате чего определяется количество выпавших осадков. В журнале фиксируется погода перед дождем и в период сбора осадков, а также направление ветра.

Снег отбирается с площади 5х5 м<sup>2</sup>. Исключается сбор снега вблизи строений, при ветровом переносе и т.д. Берут 2 пробы по 1 кг снегомером ВС-43 или цилиндром длиной 1 м из любого материала, но с определенным сечением для пересчета на 1 м<sup>2</sup> или 1 га. Воду и снег анализируют по типу питьевой воды и определяют рН, твердый осадок, сухой осадок, а также сульфаты, нитраты, аммонийный азот, железо, перманганатную и дихроматную окисленность.

Сохранить жизнь на Земле и не потерять пресную воду - одна из задач человечества, и в первую очередь - экологов. Какие пути решения этой архиважной проблемы? Их несколько, и мы перечислим лишь основные, не углубляясь в детали:

- разработать в каждом регионе Программу сохранения чистой воды; экономить пресную воду за счет ограничения ее использования на второстепенные цели (мойка машин, дорог и т.д., где можно использовать воду дождей);
  - внедрить вторичное использование воды;
- определить минимальный расход воды на человека по низкой цене, стоимость расхода воды сверх минимального уровня в 2-3 раза должна превышать ее реальную цену;
- принимать законы об использовании поверхностных и грунтовых вод и определить их реальную цену;
- переходить на водосберегающие типы туалетов, кухонь и т.д.;
- ввести правила, обязательные для строителей, градоначальников и других чинов, согласно которым ни одно строительство не должно осуществляться, если нарушается соотношение инфильтрация/поверхностный сток;

- пропаганда охраны водных ресурсов и экономного расходования воды.
- 6. Загрязнение грунтовых вод. Значение грунтовых вод в жизнедеятельности населения в настоящее время весьма существенное: их используют как источник питьевой воды, отвечающей всем требованиям стандартов, а также на орошение. Однако в последние десятилетия наблюдается загрязнение грунтовых вод ядохимикатами, что вызывает заболевания среди населения и выдвигает эту проблему как весьма важную для практического решения в ближайшее десятилетие.

Грунтовые воды, представляющие систему подземных водохранилищ, по суммарным оценкам превышают по массе поверхностные воды в функционировании всех надземных систем и выступают гарантом устойчивой жизнедеятельности глобальной экосистемы планеты. Использование грунтовых вод, если оно будет превышать их пополнение, может отрицательно сказаться на функционировании многих экосистем, особенно в засушливых районах (например, Ставропольский край, Астраханская и Волгоградская области), где уровень грунтовых вод ежегодно понижается на 50-60 см. Хозяйства, расположенные в степях этой зоны, периодически испытывают нехватку воды.

Снижение уровня грунтовых вод сказывается негативно и на объеме поверхностных вод, поскольку последние подпитываются подземными источниками. Это, безусловно, отягощает проблемы потребления воды различными системами, что ведет к снижению урожаев, продуктивности животных и т.д.

Проделанные грунтовыми водами пустоты в недрах земли ими же и заполнялись, и ими же поддерживались расположенные выше породы. При снижении уровня грунтовых вод возможна и постепенная просадка грунта со скоростью до 20-30 см ежегодно, что приведет к разрушению зданий, дорог, сетей канализации и т.д. и даже затоплению приморских районов. Просадка грунта наблюдается во многих районах мира. Один из возможных вариантов гибели Фанагории - это опускание суши в связи с быстрой просадкой грунта, которая наблюдается при образовании карстовых воронок, возникающих как пустоты, лишенные поддержки воды и потому быстро обрушивающиеся (параметры таких воронок могут быть

впечатляющими: в диаметре до 100 и в глубину до 50 м). Такие случаи возможны там, где грунтовые воды пробивают большие пещеры в древних известковых отложениях.

Определенную опасность вызывают понижения уровня грунтовых вод в приморских районах. Понижение давления в водоносном слое способствует проникновению в него морской соленой воды. При перерасходе грунтовых вод наблюдается сокращение объема поверхностных вод, просадка грунта и подток соленой воды в приморских районах.

В грунтовые воды поступает все растворенные (выщелачиваемые) вещества в виде фильтрата, проходящего через почву и грунт. Все вещества (жидкие, твердые и даже газообразные), попадающие на поверхность почвы или в почву, растворяясь в дождевой воде, могут попасть в грунтовку, существенно изменить ее химический состав, заметно загрязнив химикатами, в том числе токсическими. К числу важных источников загрязнения грунтовки относятся:

- 1) бытовые и промышленные свалки и стоки;
- 2) различные хранилища химических и ядовитых веществ; мазут и другие нефтепродукты, сливаемые на землю при проведении ремонтных работ на площадках хозяйств, в поле, на дорогах и т.д.;
- 3) подземные трубопроводы и резервуары нефти, газа и других видов топлива, транспортные аварии;
- 4) удобрения, гербициды и другие ядохимикаты, выбрасываемые в садах, на полях, в городских скверах, в лесных районах; используемая в городах при гололеде соль.

Наиболее опасными загрязнителями считаются удобрения, пестициды и хранилища (свалки, резервуары, склады ядохимикатов). Большую опасность представляют загрязнители грунтовых вод, содержащиеся в фильтрах в малых дозах, трудно отделимые при очистке, но накапливающиеся в организмах животных и человека, обусловливая различные их заболевания вплоть до образования опухолей. Основные ядохимикаты, поступающие в грунтовку, делятся на 2 группы: органические соединения промышленного производства и тяжелые металлы.

Запреты на выброс в воду и воздух ядовитых отходов сменилось их захоронением в почву, что обусловило снижение загрязнения поверхностных вод (рек, озер, болот) и воздуха, но увеличило загрязнение грунтовых вод. В практике различных стран пользуются тремя способами захоронения: устройство колодцев, могильников, прудов. Ни один из этих способов полностью не страхует от загрязнения грунтовых вод. Если учесть, что качество выполняемых работ не всегда высокое, то загрязнение окружающей среды, включая и грунтовые воды, к сожалению, отмечается часто.

- 7. Дезактивация ядовитых отходов. В плане контроля за ядовитыми отходами необходимо:
  - 1) обезопасить резервы воды для питья и орошения,
  - 2) восстановить качество загрязненных грунтовых вод,
- 3) контролировать и обезвреживать существующие хранилища,
- 4) совершенствовать способы хранения и ликвидации ядовитых отходов,
  - 5) информировать и обучать население мерам безопасности.

В нашей стране установлены допустимые концентрации загрязнителей в воде, организован периодический контроль за источниками водоснабжения, который осуществляется специальной службой, имеющей право приостановить использование источника, в котором допущены превышения дозы загрязнителей до надлежащей его очистки. Однако полного контроля за питьевой водой в стране пока не организовано. Например, нет системного контроля за частными колодцами, и загрязнение грунтовых вод обнаруживают нередко после того, как будут определены «странные» заболевания, связанные с непонятными запахом или вкусом воды. Не всегда является рациональным закрытие колодцев - ведь воду необходимо где-то добывать. В связи с этим вполне очевидно, что необходимо повсеместно организовать контроль за всеми источниками питьевой и воды для орошения.

Разработаны технологии восстановления качества грунтовой воды, включающие откачку загрязненной воды через пробуренные скважины, очистку воды пропуском ее через химические поглощающие фильтры с последующей закачкой воды в водоносный горизонт. В случае биодеградирующего свойства органических

соединений в связи с подачей в загрязненный участок кислорода и микроорганизмов, использующих загрязняющие вещества в качестве пищи по типу вторичной очистки бытовых стоков, очистку воды можно выполнять на небольших участках, например, в местах размещения бензоколонок, моечных, в мастерских ремонтных станций и т.д.

8. Эвтрофикация водоемов. Нарушенные человеком или природой экосистемы выделяются развитием эрозии почв, вымыванием из нее питательных веществ (биогенов),усилением поверхностного стока и насыщением водоемов биогенами и твердыми частицами. В таких условиях активно развивается фитопланктон, вода мутнеет и резко ухудшаются условия для развития бентосной растительности. Твердые частицы (наносы) постепенно откладываются на дне водоема и еще заметнее отягощают условия формирования бентоса; фитопланктон резко сокращает прохождение света вглубь, что снижает фотосинтез у бентосных растений, а наносы способствуют заметному снижению содержания растворенного в воде кислорода. Фитопланктон, выделяющий большое количество кислорода в процессе фотосинтеза, не обогащает им глубинные слои воды, и кислород улетучивается в воздух.

Фитопланктон характеризуется быстрым ростом и размножением, он также активно и отмирает, и его «опад» оседает на дне водоема, еще сильнее отягощая условия бентоса. Бактерии и другие редуценты, перерабатывая детрит (отмершая часть фитопланктона), тоже используют свободный кислород, что еще сильнее ухудшает условия для развития бентоса и «привязанных» к нему глубоководных животных и рыб.

Бактерии могут вегетировать практически в анаэробных условиях при нулевом показателе растворенного кислорода, а бентосные растения в такой ситуации погибают, погибают и связанные с ними животные. В загрязненных водоемах поверхностные воды обогащены растворенным кислородом, а глубинные даже в эвфотической зоне весьма им обеднены. Вместе с этим идет накопление биогенов в водоемах: с отмершими частями водорослей они попадают на дно, где за счет работы редуцентов освобождаются, затем конвекционными потоками за счет разницы температуры (холодная более плотная вода опускается вниз, а теплая поднима-

ется вверх) возвращаются к поверхности, снова используются фитопланктоном, и так повторяется многократно.

Водоем, когда вода обогащается биогенами, постепенно мутнеет, концентрация растворенного кислорода снижается, бентосные растения гибнут, гибнут и глубинные животные (рыбы, моллюски), а масса фитопланктона увеличивается, приводя к изменению видового и популяционного состава экосистем и даже к полной их смене. Обогащение водоема биогенами усиливает рост фитопланктона и основной причиной смены экосистемы водоема является эвтрофикация.

Такие водоемы по общей продуктивности за счет фитопланктона могут превышать естественные системы, и даже общая масса рыбы в них может быть не ниже, но видовой состав вновь сформировавшейся экосистемы будет сильно обеднен, уже не говоря о качестве производимой продукции. Вода таких водоемов имеет неприятный привкус и мало пригодна для питья.

Водоемы, особенно закрытые (озера, лагуны, лиманы и т.д.), в естественных условиях в длительной перспективе обогащаются биогенами и твердыми частицами из экосистем суши, но эти процессы идут относительно медленно и практически не изменяют в течение длительного периода состав и структуру их поверхностных и глубинных сообществ. Это так называемая естественная эвтрофикация. Человек своей деятельностью ускорил и усилил все процессы эвтрофикации, и в этом случае ее рассматривают как антропогенную.

Проанализируем процессы эвтрофикации лиманов Западного Предкавказья. Некоторые лиманы (Курчанский, Ахтанизовский и др.) занимают весьма обширные площади. Основным источником их подпитки являются грунтовые воды, а также впадающие в них небольшие речки. Лиманы представляют собой впадины или небольшие геологические изломы, заполненные пресной водой а холмистая местность вокруг них часто используется для выращивания сельскохозяйственных культур.

В последнее столетие лиманы сильно изменились, и их живые компоненты постепенно «завязывались» в сложных пищевых сетях. Постепенно шло обогащение их биогенами и детритом, что не изменяло сколько-нибудь заметно условия жизнедеятельности

для биоты экосистем, и они эволюционировали в сторону высокопродуктивных сообществ. Вокруг лиманов нередко простирались заболоченные места, а сами лиманы были хорошим местом для размножения многих видов ценных рыб.

Распашка земель и особенно организация крупных оросительных систем в крае для рисосеяния в 60-е годы коренным образом изменили состояние некоторых лиманов, а резко преобразовав их водосбросные бассейны, усилив наносы и сброс биогенов типа азотистых, фосфорных и калийных соединений. Все это способствовало развитию фитопланктона и подавлению бентоса, накоплению детрита и падению уровня растворенного кислорода в придонных слоях. Условия благоприятствовали развитию различных бактерий, червей, малощетинковых червей. Но привели к резкому снижению числа ценных видов рыб (судак, окунь и др.). В связи с этим многие лиманы, ценившиеся ранее за промышленное рыболовство, потеряли свое значение, потому как среди рыб стали преобладать малоценные породы (сом, карп и др.). Естественная эфтрофикация этих лиманов продолжалась бы тысячи лет, а антропогенная изменила ситуацию всего за четверть века.

Можно ли изменить ситуацию и вернуться к прошлому? Безусловно, нет. Но процесс антропогенной эвтрофикации можно затормозить, введя ограничения на распашку земель и проводя фитомелиоративные работы вокруг лиманов (залужение склонов, посадка лесных полос, ослабление выпаса и т.д.). Такие мероприятия заметно улучшают хозяйственные и природоохранные свойства лиманов примерно через 15-20 лет.

Основной причиной эвтрофикации большинства лиманов Западного Предкавказья являются последствия эрозии распаханных почв - удобрения и гумусированные почвенные частицы. Иными словами, борьба с эрозией приведёт к снижению темпов антропогенной эвтрофикации многих водоемов края. Выделяют два основных варианта снижения интенсивности эвтрофикации: 1) устранение водорослей, 2) сокращение притоков в лиманы твердых частиц и биогенов.

В разных районах мира испытывали несколько способов устранения водорослей: химические обработки гербицидами, сбор водорослей и т.д. Использование гербицидов эффективно при их

высоких нормах, но в этом случае гибнет все остальное живое. При понижении норм гербицидов первыми восстанавливаются водоросли. Иногда при обработке водоемов для борьбы с водорослями применяют медный купорос, хотя сама медь уже в небольших количествах ядовита для организмов. Поэтому предсказать даже не очень отдаленные последствия применения гербицидов из меди пока очень трудно, хотя можно предполагать, что оно будет мало приемлемым для экосистемы в целом и для отдельных звеньев пищевых цепей обрабатываемых водоемов.

Практикуется сбор водорослей и их использование в качестве удобрений. Однако стоимость таких работ достаточно высока, и вряд ли она окупится повышением продуктивности водоемов. Тем более, что очистить водоем от водорослей полностью практически не возможно, поскольку взвешенные в воде клетки очень малых размеров и после очистки еще с большей интенсивностью формируют мощный фитопланктон. Малоэффективны и другие способы борьбы с водорослями.

В борьбе с водорослями наиболее перспективны мероприятия, снижающие приток биогенов. Определяются источники поступления биогенов и гумусированных твердых частиц почвы. Затем изучаются возможные варианты снижения или даже полного исключения таких источников, разрабатываются и осуществляются приемлемые с экономической и экологической точек зрения методы по сокращению поступления биогенов в водоемы. Этот вариант наиболее эффективен и реален во всех отношениях.

Одной из причин эвтрофикации водоемов являются наносы. Основной их источник - это эрозия обрабатываемых земель, часто усиленная непродуманной деятельностью человека. Среди источников наносов по убывающей степени их влияния следует: пашня овраги - стройплощадки - вырубка леса - перевыпасаемые пастбища - эрозия берегов - оголенные участки вдоль дорог и вокруг строек - проходы тракторов (особенно гусеничных) по склонам пастбищ и посевов, разрушающих дернину - вытравленные скотом поймы во влажном состоянии и т.д. Каждый гектар пашни ежегодно теряет от 7 до 12 т почвы (это при хорошем контроле за эрозией почвы, а при плохом - свыше 50 т), которая нередко в значительной степени выносится в водоемы.

Овраги являются результатом неправильного использования земель, особенно склоновых, а также неудачного размещения ливневых стоков при строительстве дорог, домов, городских кварталов и т.д. Снос твердых почвенных частиц здесь очень велик и интенсивен и способствует, особенно при изрезанном рельефе, расширению овражных систем, а при отсутствии в сообществах деревьев и кустарников вообще приводит к катастрофическим последствиям - ежегодно десятки гектаров плодородной почвы смываются в водоемы.

Открытая добыча угля, железной руды, других полезных ископаемых в связи со все возрастающей их потребностью в стране обусловила вывод под карьеры больших земельных территорий, находящихся открытыми длительное время. Площадь под ними в нашей стране достигает несколько млн га. Можно представить масштаб забора наносов на такой площади и их влияния на водоемы.

Ежегодно свыше млн га занято в нашей стране под строительные площадки различных сооружений (дорог, заводов, домов и т.д.). На таких территориях смывается до 2,0 тыс т и больше почвы с каждого гектара, что примерно в 20000 раз больше, чем в обычных естественных условиях. Как правило, оголенные участки после завершения стройки сами собой не зарастают и продолжают непрерывно подвергаться водной и особенно ветровой эрозии (например, в Краснодаре - Юбилейный микрорайон).

Неправильно организованная вырубка леса в поймах рек и в горных местах - мощнейший источник эрозии: примерно 200-400 т почвенных частиц с каждого га ежегодно уносится в речные системы. Выбитые пастбища, имеющие оголенные участки, являются почти такими же по объему поставщиками почвы в водоемы, как и плохо защищенные от эрозии пашни, - они теряют до 50 т/га органического вещества ежегодно.

Случайные проходы машин по склонам, особенно в дождливый период, оголяют почвенные участки, колеи от машин дают направление водным потокам, что приводит к усилению водной эрозии и увеличению сноса наиболее ценных почвенных частиц. При выпасе скота, когда пойма переувлажнена, тоже образуются оголенные участки, скотовыбоины, что усиливает смыв ценной

почвы паводковыми и дождевыми водами. В разных условиях доля каждого источника поставки наносов в водоемы разная, но в сумме получается весьма ощутимый вынос органического вещества за весьма короткий промежуток времени (год, два, десять лет), хотя формирование почв шло миллионами лет.

9. Влияние наносов на водоемы. Вначале смывается почва целиком, но затем она разделяется на переносимые с разной скоростью пыль, песок, глину, гумус. Крупный материал частично остается на суше или засоряет русло реки на участках с замедленным течением. Пыль переносится значительно дальше и оседает в устье реки - в месте впадения в более крупный водоем, где ее течение сильно замедляется. Мелкая глина и гумус остаются взвешенными долгое время даже в стоячей воде, распространяясь по мелким водоемам и заливам, снижая освещенность воды и усиливая их эвтрофикацию.

Негативные последствия наносов отражаются уже в водотоках и реках. При незначительной эрозии вода в протекающих речках остается чистой и в ней активно вегетируют водные растения, прикрепленные к камням или ко дну, представляя совместно с различным опадом начальное звено многих пищевых цепей. Различные организмы (бактерии, простейшие, черви, рыбы, ракообразные и др.) размещаются на камнях и между ними. Смытая почва существенно корректирует экосистему рек и других водоемов. Мелкие частицы глины и гумуса, находясь во взвешенном состоянии, снижают проникновение света в толщу воды, препятствуют фотосинтезу, засоряют жабры и пищеварительные органы рыб, обволакивают их икру и т.д.

Пыль и песок не так быстро переносятся, как взвешенные частицы, но постоянно передвигаются по дну, отрывают организмы от камней и дна, покрывают камни и щели между ними, где обитают различные виды животных. Постепенно отдельные организмы теряют возможность закрепиться на определенном месте, поскольку дно становится подвижным вместе с песком и мелкой галькой.

Разрушение берегов, вызываемое их распашкой до русла рек, а также засорение русла илом, приводят к обмелению рек и расширению их берегов. Нередко к поверхностному стоку добавляются

бытовые и промышленные стоки, фильтраты бытовых и промышленных отходов и другие загрязнители. В паводок река разливается широко, занимая все впадины поймы, а со спадом воды большие площади покрываются донными отложениями и мигрирующими узкими потоками с отложениями ила, песка, гравия, плотным фитопланктоном и мутной водой.

Эрозия почв распространена настолько широко, что именно смыв почв является основным засорителем рек. Сегодня эрозийные процессы на планете развиты настолько сильно, что из сельскохозяйственного землепользования уходят ежегодно млн га, а сотни рек и других водоемов засоряются, усиливается давление на водные экосистемы. Наносы перекрывают русла рек, отягощают проблему паводков, заполняют водохранилища, оросительные каналы, перекрывают судоходные пути. Решить сегодня эту проблему основательно очень трудно. Очистка русла рек земснарядами дает эффект ненадолго, вскоре наносы снова и снова перекрывают речные русла и сокращают объем водохранилищ. В недалеком будущем это отразится на снабжении городов водой, поскольку строительство новых водохранилищ - очень дорогое мероприятие.

Очистка водоемов и размещение вынутого из водохранилища материала - все это проблемы, которые необходимо предвидеть заранее еще при составлении проекта. Извлеченный материал отличается от почвы, и поэтому просто разбросать его по полям не представляется возможным. Этот материал частично используют при строительстве дорог, прокладке улиц и т.д. Забор донных отложений земснарядами - удовольствие очень дорогое, но в нынешних условиях неизбежное, чтобы поддерживать транспортное функционирование рек и водохранилищ на значительном их протяжении.

Наносы включают различные биогены, которые присоединяются к взвешенным в воде частицам гумуса и глины и являются постоянными компонентами смывов почвы. Иными словами, источником биогенов являются все наносы:

- смываемые удобрения с полей, садов и с городских газонов;
- смываемые с территорий пастбищ и ферм экскременты и другие выделения животных;
  - фильтраты бытовых отходов;

- биогены бытовых стоков;
- смываемые из городов и поселков отходы и выделения домашних животных, количество которых в десятки раз выше популяций диких животных в естественных системах, а потому выгулы домашних животных в городах являются важнейшим биогенным источником;
- экскременты и выделения людей, плотность которых в городах в сотни раз выше популяций животных; с экскрементами в водоемы поступает огромное количество биогенов нитратов, фосфатов, калийных соединений и т.д.;
- детергенты, содержащие фосфаты бытовых стоков (в бытовых стоках экскременты человека дают до 30% фосфатов и около 60% их поступает с детергентами); молекула детергентов состоит из длинной углеводородной цепи, хорошо растворимой в жирах, и фосфатной группы, хорошо растворимой в воде; фосфаты не дороги и не токсичны и потому широко используются при производстве детергентов;
- кислотные осадки, дающие до четверти азота, поступающего в водные системы; кроме того, они поставляют в экосистемы также азот в виде важнейшего биогена нитрата  $NO_3$ .

Приоритеты того или иного источника в определенном районе будут определяться многими факторами: близостью города, фермы, распаханностью полей, количеством выбрасываемых удобрений и т.д. Изучение биогенного сброса выявит несколько основных источников, с которыми и необходимо вести борьбу.

Поверхностные, бытовые и промышленные стоки городов и поселков составляют ежедневно большие объемы. Самые обширные территории охватывают поверхностные стоки, которые приносят в водоемы основной объем наносов и значительную часть биогенов. Необходимы законодательные акты, требующие от хозяйств определенных действий по снижению поверхностного стока и оптимального способа хозяйствования: охрана почв, рациональное использование каждого участка, залужение деградированных участков, посадка продуваемых лесных полос, размещенных перпендикулярно основным потокам ветров, внесение органических удобрений для поддержания в почве биогенов и т.д.

Если поля подходят к болотам, то необходимо создавать защитные полосы древесно-кустарниково-травяной растительности для поглощения биогенов и ила поверхностных стоков. Если животноводческие отходы прямо стекают в водоем, то на их пути следует устраивать запруды для сбора питательных веществ поверхностного стока: воду использовать для орошения, а биогены возвращать по назначению и осадок вносить в виде удобрений тоже на поля.

Если животные пьют воду из открытых водоемов, то они и выделяют туда свои продукты жизнедеятельности. Необходимо строить поилки на суше вдали от водоема. Если вырублен лес (особенно в горных условиях и в поймах), то его следует восстановить новыми посадками как можно быстрее.

Если поверхностный сток городов не контролируется, то необходимо совершенствовать систему хозяйствования: на газонах заменить минеральные удобрения органическими, мульчировать и засевать травами все оголенные места, не допускать избытка удобрений на газонах, отходы животных компостировать, а самих животных выгуливать на компостных кучах, высаживать по возможности деревья и кустарники для усиления поглощения биогенов и инфильтрации влаги.

И последнее - постоянно проводить разъяснительную работу среди населения, чтобы люди включились в выполнение Программы борьбы с эрозией почвы и выносом биогенов в водные системы; без этого ни одна Программа не будет выполнена.

Для сокращения потерь почвы при строительстве разных объектов необходимо оголенную территорию закреплять посевами трав, дернина которых будет частично улавливать биогены. При строительстве насыпей дорог, зданий на возвышенных местах и т.д. для контроля смыва почвы необходимо устраивать небольшие водосборники в самой нижней части стройплощадки, куда будет направлен поверхностный сток. Попадая в эти пруды, вода снижает скорость, наносы осаждаются, а освобожденная вода вытекает через каменную плотину. С завершением строительства этот пруд можно переоборудовать в резервуар для ливневой воды. На мелких площадках их нижнюю часть можно огородить щитами соломы, проходя через которые вода будет фильтроваться и оставлять поч-

венные частицы - песок и пыль, а глина в основном будет вымываться.

Безусловно, борьба с эрозией почвы для строителей - это дополнительные расходы, которые для них нежелательны. Эти вопросы необходимо решать законодательно. Проекты на строительство должны учитывать пути борьбы с эрозией, и только в таком варианте будет выдаваться разрешение на строительство. Периодические проверки должны осуществляется соответствующими органами и общественными организациями.

Необходимо по возможности скорее отказаться от использования фосфатных детергентов. В настоящее время промышленностью разработаны заменители фосфатов в детергентах. Однако производители не всегда идут на их замену. Необходимы жесткий контроль за производством детергентов и законодательный запрет их использования. Это может понизить долю фосфат-ионов до 40% в бытовых стоках и несколько ослабит эвтрофикацию водоемов и действие в них биогенов на бентосную флору и фауну (через снижение интенсивности нарастания фитопланктона). Очевидно, отказ покупать стиральные порошки, в составе которых есть фосфаты, быстрее заставит производителей перейти на нефосфатные детергенты.

К сожалению, приходится констатировать, что «борьбу» с биогенами в бытовых стоках мы фактически не ведем. Необходимость такой технологии более чем очевидна была вчера и уже сегодня её неосуществление равнозначно служебному нарушению всеми организациями, причастными к этой проблеме.

Особого внимания заслуживают болота, представляющие собой пониженные участки суши, покрытые незначительным слоем воды в весеннее время и высыхающие к концу лета и в начале осени. Болота бывают пресными и солеными. При паводках вдоль речных русел болота забирают на себя лишнюю влагу, обогащенную илом и биогенами. Вода постепенно просачивается уже очищенной в грунтовые воды, а ил и биогены оседают на поверхности болота. Отсюда четко просматривается чрезвычайная роль болот как фильтрата воды до ее поступления в другие водные системы (лиманы, озера и т.д.). Болота также пополняют запасы грунтовых вод. Их экосистемы весьма продуктивны, поскольку богаты биоге-

нами, в них формируется мощная растительность и живут многие дикие животные. Своей деятельностью человек ускорил смыв биогенов и нарушил болота как систему естественного поддержания водоемов.

Прибрежные, литоральные болота (например, вдоль южной части Черноморского побережья Тамани) в период приливов покрываются тонким слоем воды; они ценны тем, что очищают морские заливы от ила и биогенов - прилив выносит их на болота, а при отливах вода проходит через траву как через фильтр, в основном оставляя здесь запасы ила и биогенов. Оставшиеся питательные вещества способствуют развитию растительных и других организмов и формированию продуктивных экосистем. Кроме того, болота ослабляют разрушительную силу воды, снижая ее скорость стеной мощной растительности; при их поступлении вода очищается, а осадок остается на болоте.

Нередко мы относимся к болотам, как совершенно лишним образованиям и стараемся их осушить. Но прежде чем разрабатывать Проект такого рода, требуется весьма серьезно изучить ту роль, которую выполняет это болото. Уничтожение столь уникальных биосистем в мире продолжается. Нередко за сиюминутной выгодой фирмы (государственной или частной) идут на эксплуатацию ресурсов длительного пользования (какими являются болота) не по назначению, и за это приходится долгое время рассчитываться ухудшением условий окружающей среды для самого же человека. Сейчас оставшиеся болота стараются сохранить или восстановить там, где они были. Возможно ли это? В том старом варианте, конечно же, нет.

## ГЛАВА 9. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ

1. Типы загрязняющих веществ. Почва представляет собою твердый материал, включающий до 10% органического вещества и 62% неорганики, ее поры заполнены водой (до 30%) и воздухом (до 20%). В почве обитают мириады микроорганизмов, а также многочисленные представители микро - и мезофауны, участвующие в разложении органического вещества и его переводе в минеральные вещества.

Почва нашей планеты последние 2-3 сотни лет постепенно загрязняется. Загрязнение почвы осуществляют природные и антропогенные источники, способствующие повышению содержания загрязняющих веществ в отдельных экосистемах.

В качестве загрязняющих веществ выступают тяжелые металлы, а также нефть и нефтепродукты. Источником загрязнения являются природные (извержение вулканов, землетрясения, оползни, обвалы, выветривания) и техногенные (отходы производства и переработки химической, строительной, металлургической, сельскохозяйственной промышленности; средства химизации - пестициды, удобрения, детергенты; нефть и нефтепродукты).

В окружающую среду тяжелые металлы поступают через техногенное рассеивание в окружающей среде: выброс предприятий черной и цветной металлургии, обжига, цементного производства, сжигания минерального топлива разнообразных засорителей. Весьма существенным источником загрязнения служат сточные воды, внесение в почву минеральных и органических удобрений (табл. 11).

Состав загрязнителей в структуре газопылевых выбросов заводов цветной металлургии относительно однотипен с преобладанием оксидов при низком содержании водорастворимых фракций и сульфидов (табл. 12).

Таблица 11. Сельскохозяйственные источники загрязнения почвы тяжелыми металлами (мг/кг сухого вещества) (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)

Эле- мент	Ороше- ние сточ- ными водами	Фосфор- ные удобре- ния	Извест- няки	Азотные удобре- ния	Органиче- ские удоб- рения	Пести- циды
As	2-26	2-1200	0,1-24,0	2,2-120	3-25	22-60
Cd	2-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,5-8,5	0,3-0,8	-
Co	2-260	1-12	0,4-3,0	5,4-12	0,3-24	-
Cr	20-40600	6-245	10-15	3,2-19	5,2	-
Cu	50-3300	1-300	2-125	1-15	2-60	12-50
F	2-740	8500-38000	300	-	7	18-45
Hg	0,1-55	0,01-1,2	0,05	0,3-2,9	0,09-02	0,8-4,2
Mn	60-3900	40-2000	40-1200	-	30-550	-
Mo	1-40	0,1-60	0,1-15	1-7	0,05-3	-
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	7,8-30	-
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	6,6-15	60
Se	2-9	0,5-25	0,08-0,1	-	2,4	-
Sn	40-700	3-19	0,5-4,0	1,4-16,0	3,8	-
Zn	700-1450	50-1450	10-450	1-42	15-250	1,3-25

Таблица 12. Состав соединений тяжелых металлов в пыли с фильтров тонкой очистки свинцового завода (Горбатов, 1983)

Соонинания тяжани и матаннар	Zn		Pb		Cd	
Соединения тяжелых металлов	$M\Gamma/\Gamma$	%	$M\Gamma/\Gamma$	%	мг/г	%
Общее содержание тяжелых металлов	232	100	335	100	21,6	100
в составе:						
Оксидов	200	86,2	295	88,0	15,4	71,3
Сульфидов	18	7,8	29	8,7	0,4	1,8
Водорастворимой фракции	3	1,3	0	0	5,8	26,9
Неопределенного остатка	11	4,7	11	3,3	0	0

Поглощение тяжелых металлов почвами заметно связано с реакцией и составом анионов. В кислой среде сильнее сорбируются Pb, Zn, Cu, а в щелочной - Cd, Co. Cl-ион усиливает поглощение металлов (табл. 13).

Таблица 13. Поглощение тяжелых металлов почвой как функция аниона и рН (% от исходного количества (Quirk, Posner, 1975)

	Анион	pH							
Катионы		4,7	5,2	5,5	5,9	6,4	7,2	7,5	8,0
C	$NO_3$	9	44	76	89	-	-	-	-
Cu	Cl	17	55	75	90	-	-	-	-
Pb	$NO_3$	-	29	38	63	-	-	-	-
	Cl	-	43	56	75	-	-	-	-
Zn	$NO_3$	-	-	1	11	19	61	-	-
	Cl	-	-	-	13	22	68	-	-
Cd	$NO_3$	-	-	-	-	11	27	41	-
	Cl	-	-	-	-	23	44	53	-
Со	$NO_3$	-	-	-	-	-	39	54	78
	Cl	-	-	-	-	-	39	54	78

Содержание тяжелых металлов в почвах Краснодарского края широко варьирует. Например, в почвах Выселковского района установлено следующее содержание тяжелых металлов: Мn - 500-600, Co - 20-25, Cu - 30-40, Zn - 40-45, Hg - 0,2-0,25, Pb - 20-30, Cd - 0,25-0,30 мг/кг почвы; в верхнем слое 0-22 см: Мn - 870, Co - 25, Cu - 45, Zn - 94, Hg - 0,23, Pb - 31, Cd - 0,38 мг/кг почвы; на глубине 175-185 см: Мn - 325, Co - 6,4, Cu - 20, Zn - 34, Hg - 0,07, Pb - 9, Cd - 0,07 мг/кг почвы). Содержание ртути, свинца и кадмия в почвах района нередко превышает ПДК, хотя количество других металлов в почвах края находится на уровне нормы.

Загрязнение почв Кубани осуществляется как природными, так и антропогенными источниками. Основным природным загрязнителем почв Кубани тяжелыми металлами является минеральный состав коренных пород, что особенно ярко проявляется на примере Тамани и Мостовского района. Антропогенные факторы загрязнения представляют собою в основном эрозию почвы и смыв стоками с поверхности сельхозугодий и аккумуляцию тяжелых металлов в различных ландшафтах.

К антропогенным источникам загрязнения также относятся промышленные и сельскохозяйственные предприятия (заводы, фабрики, нефтепромыслы, животноводческие фермы, птицефермы; жидкие и твердые отходы, автозаправки, моечные станции; склады удобрений, ядохимикатов, горючего; автотранспорт, авиация, сель-

хозтехника, могильники и т.д.). Почвы Славянского и Калининского районов края относительно благополучны по содержанию тяжелых металлов. В Краснодаре содержание свинца в 32% проб было выше среднефонового уровня.

По данным НИИ прикладной экологии, в лабораториях которого проанализировано свыше 4000 почвенных проб на тяжелые металлы, в 50% образцов 1 или 2 элемента по концентрации приближаются к ПДК или его превышают. Тяжелыми металлами загрязнено в крае около 2 млн га.

Из элементов 1-й группы опасности в почвах края присутствуют свинец, мышьяк, цинк, кадмий. В некоторых районах сильно распространен мышьяк в концентрации до 80 мг/кг, что в 40 раз превышает ПДК (2 мг/кг) (Красноармейский район, правобережье р. Белой). Вторым по распространению является свинец в концентрации до 600 мг/кг (свыше 10% территории содержат свинец до 600 мг/кг при ПДК 30 мг/кг). Распространение территорий с повышенным содержание свинца неравномерное, что указывает на техногенный характер его поступления в почвы. Повышено содержание свинца в районах Цемесской бухты (200 мг/кг), побережья поселка Сукко (600 мг/кг), г. Ейска (200 мг/кг). Цинк распространен меньше, но в некоторых местах встречается до 8000 мг/кг при ПДК 300 мг/кг.

Из металлов второй группы чаще встречаются хром и медь. Хром с содержанием до 600 мг/кг (ПДК 100 мг/кг) встречается примерно на 20% территории края. Медью в концентрации до 600 мг/кг (ПДК - 100 мг/кг) загрязнены около 100.тыс. га в районах садоводства и виноградарства. В почвах края также много марганца (до 3 ПДК), сурьмы (до 20 ПДК), ванадия (до 2 ПДК), молибдена и олова (до 4 ПДК), редко встречаются кадмий, кобальт, стронций (Шереметьев и др., 1993).

По типу концентрации загрязнителей источники загрязнения делятся на линейные (автомобильные дороги и железнодорожные пути), точечные (теплоэлектростанции), обширные (атомные электростанции, земледелие). В качестве основных загрязнителей почвы среди тяжелых металлов выделяют серебро, цинк, свинец, медь, олово, висмут, мышьяк, кадмий, сурьму и ртуть, которые образуются при производстве цветных металлов; стронций, цинк, фтор, медь,

хром, мышьяк и иттрий - при производстве пластмасс; ртуть, стронций и цинк - при производстве цемента и т.д. Следует подчеркнуть, что чем выше плодородие почвы, тем больше концентрируется в ней загрязнителей.

Тяжелые металлы оказывают влияние на показатели кислотности почвы, содержание органического вещества, подвижных сульфатов, аммонийный и нитратный азот и т.д. На накопление тяжелых металлов оказывают влияние направление и сила ветра, рельеф местности, тип растительности, химический состав выбросов, их дисперсность и т.д. Наибольшую опасность среди тяжелых металлов представляют ртуть, свинец, мышьяк, кадмий, никель, медь и цинк. Многие тяжелые металлы содержатся в почве в небольших концентрациях (табл. 14) и используются в малых дозах различными видами растений.

Таблица 14. Содержание микроэлементов в почвах

Элемент	Нормальные пределы, ppm			
В	7-80			
Со	1-70			
Cu	1-40			
Fe	1-40%			
Mn	20-3000			
Mo	0,2-5			
Zn	10-300			
Na	1000-10000 0,5-6000			
Cl				
Si	9-40%			
Se	0,1-2			
I	0,6-8			

Содержание тяжелых металлов в почвах очень сильно варьирует: от весьма низких значений до чрезвычайно высоких (табл.15).

Например, минимальный уровень свинца в почве поймы находится на уровне 50 ppm, а максимальный доходит до 5000 ppm при среднем значении 700 ppm.

Таблица 15. Пороговое значение тяжелых металлов в почвах, богатых органическими веществами (ppm)

Элемент	Среднее значение	Максимальные вариации
Hg	2	0-5
Co	10	0-100
Cd	20	0-300
Ni	150	10-1300
Cu	250	1-3000
Cr	500	10-5000
Pb	700	50-5000
Mn	500	50-2500
Zn	3000	500-20000
Fe	16000	2000-42000

Cl - токсический уровень для чувствительных растений 0,5-2% и для устойчивых - 4%.

Cr - животные испытывают отравления при содержании в почве  $100~{\rm ppm}.$ 

В - токсичен на кислых и полупустынных почвах.

Мо - токсичен при концентрации 100 ррт.

Ni - токсичен для растений при содержании в почве 30-50 ppm.

В различных почвах содержание тяжелых металлов сильно варьирует (табл. 16).

Из приведенных данных видно, что наибольшим накоплением тяжелых металлов выделяются в основном глинистые почвы. Следует обратить внимание, что некоторые элементы (например, кадмий) не всегда подчиняются, казалось бы, общему правилу - кадмия больше накапливается в суглинках и песчаных почвах.

Тяжелые металлы характеризуются длительными периодами удаления из почвы. Наибольшим периодам дезактивации отличаются свинец (до 5900 лет), медь (до 1500 лет) и цинк (до 510 лет).

Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами оказывает глубокое влияние на химические и микробиологические процессы. Основными их источниками являются места нефтепереработки, буровых работ, добычи нефти, трубопроводы, места перегрузки и транспортировки нефти. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами, а также радиационными элементами необхо-

димо постоянно контролировать, а разработанные по их ликвидации мероприятия ежегодно корректировать с учетом данных мониторинга.

Таблица 16. Содержание тяжелых металлов в различных типах почв

Металл	Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в почвах						
Merann	песчаные	суглинистые	глинистые	глины	тяжелые глины		
Fe	3700	12600	14200	18800	27200		
Mn	88	350	420	340	485		
Zn	31	51	45	48	90		
Cu	7	12	11	12	25		
Cd	0,43	0,33	0,40	0,12	0,20		
Pb	14	21	19	20	28		
Ni	1	10	15	20	15		
Cr	8	24	24	40	47		
Co	2	8	10	11	13		
Hg	3,96	0,61	1,04	0,06	0,04		
Mo	1,38	4,35	5,20	1,42	3,14		
V	20	51	42	56	66		
Ti	80	320	374	344	235		

Сами по себе почвы не существуют, как редко существуют сами по себе и растения. Иными словами, между этими двумя блоками (почвой и растительностью) складывается тесная взаимосвязь в различных аспектах их отношений: растения поставляют в почву органические вещества и значительную часть биогенов, защищают почву от эрозии, от лишнего испарения, улучшают инфильтрацию, повышают ее ионообменную емкость, водоудерживающую способность и т.д.; почва дает растениям субстрат, минеральную пищу и воду и в силу физического выветривания поставляет массу биогенов. Все эти свойства устанавливают между почвой и растениями динамическое равновесие. Отклонения от этого равновесия ведут к гибели отдельных популяций организмов и даже целых сообществ, а также вызывают деградацию почв, которую затем не только обратить вспять, но порою и остановить невозможно. Примером тому являются ежегодные мировые потери пахотных земель

свыше 10 млн га. Можно ли восстановить эти почвы? Чаще всего можно, но потребуются, особенно в сухих районах, многие и многие десятки лет для восстановления земель. Такое положение с почвами требует от нас организации их охраны и разработки мероприятий для борьбы с отрицательным влиянием на почвы различных видов человеческой деятельности.

2. Оголенные почвы. Наиболее разрушительное действие на почву оказывает эрозия - вынос почвенных частиц водой или ветром; вынос почвы бывает медленным, постепенным - когда идет обычное выветривание, и быстрым, чувствительным - когда ливневая вода размывает почву и образует глубокие овраги. Растительность и ее опад смягчают влияние эрозии, снижается ее эффект, и вода медленно проникает в почву, ослабляя разрушение ее структур и снижая силу поверхностного стока. Если же сток и формируется, то он не имеет уже той силы, которую приобретает на оголенной почве.

Хорошо предохраняют почву от эрозии травяные газоны, формирующие мощную дернину и дерновину. Под тяжестью дождя трава полегает, и по полегшей траве вода скатывается, не трогая лежащую под этим покровом почву. Растительность снижает также действие ветра. Однако прочие технологические процессы, используемые человеком (перевыпас, вырубка лесов, распашка поймы, культивация пропашных культур, применение удобрений, гербицидов и т.д.) во имя, по его мнению, великой цели обеспечения народа продовольствием, обусловливает сильную эрозию, резко снижающую плодородие. Различают капельную, плоскостную, струйчатую и овражную виды эрозии.

Капельная эрозия вызывается дождевыми каплями, падающими на обнаженную землю. Падая на оголенную поверхность, капли разбивают почвенные агрегаты на мелкие частицы, которые забивают поры между другими агрегатами, резко ухудшая аэрацию и инфильтрацию, вызывая застой воды в понижениях, затопление растений, усиливая поверхностный сток, что ведет к дальнейшему обострению эрозионных процессов.

Плоскостная эрозия обостряется равномерным стоком воды и выносом почвенных частиц с поверхности почвы.

Струйчатая эрозия представляет собою множество мелких русел, в которых концентрируется вода со значительной энергией и большой способностью уносить почвенные частицы и образовывать различной глубины промоины.

Овражная эрозия образует несколько крупных русел, в которых вода с огромной скоростью и силой уносит большое количество почвы, включая и ее минеральную часть, а также подпочву и материнскую породу.

Первыми двумя видами эрозии (капельной и плоскостной) вымываются органические гумусированные частицы и глина (как самые тонкие и мелкие частицы), а при струйчатой эрозии вымываются еще песок и камни и даже выходы породы. Эрозия первоначально удаляет мелкие частицы, превращая почву в песчаную, а затем и в каменистую. Иными словами, чем грубее почва, тем больше развивается или будет развиваться эрозия на этой площади.

Почему в пустыне так много песка? Глина и пыль выветрены. В засушливых районах (200-300 мм осадков) водоудерживающая способность почвы теряется. Раньше эти почвы формировались под многолетними злаковниками. Постепенная потеря почвами водоудерживающей способности привела к смене во многих районах мезофильной растительности на засухоустойчивые виды. С развитием эрозии почва постепенно теряет свое плодородие, пока её поверхность не превращается в пустыню.

Таким образом, свободная от растительности почва усиленно деградирует под действием водной и ветровой эрозии: разрушается поверхностный слой, плодородие резко и довольно быстро во времени снижается, что, в конечном итоге, приводит к опустыниванию территории. Основными причинами, обусловливающими опустынивание, являются распашка земель, перевыпас пастбищ, вырубка лесов, засоление земель вследствие орошения и т.д.

Основным технологическим процессом при выращивании сельскохозяйственных культур с целью борьбы с сорняками, конкурирующими за биогены и воду, что ведет к снижению урожая, является распашка земель. При пахоте слой почвы переворачивается и семена сорняков засыпаются на глубину до 25-35 см. В связи с этим почва полностью в течение продолжительного времени

открывается для водной и ветровой эрозии. Особую опасность вызывает распашка склоновых участков, где, естественно, развивается поверхностная и струйчатая эрозии. В засушливых районах ветровая эрозия наносит ощутимый ущерб на любых участках. Для улучшения аэрации применяют культивацию, но нередко ее действие оказывается противоположным - капельная эрозия утрамбовывает поверхность, развивая плоскостную эрозию. Трактора при вспашке также уплотняют почву. Кроме того, потеря влаги через испарение сильнее на распаханных участках: естественно, снижается их водоудерживающая и инфильтрационная способность.

Малопродуктивные земли часто отводятся под выпас скота и нередко допускается их перевыпас: не успев отрасти и укрепиться, растения съедаются и потому быстро погибают, оставляя поверхность почвы оголенной, открытой для водной и ветровой эрозии, что ведет к постепенному опустыниванию. Первой причиной опустынивания при выпасе является перегрузка пастбищ скотом и нерегулируемый выпас.

При перегрузке пастбищ постепенно снижается поступление в почву детрита и значительное количество биомассы отчуждается с получаемой продукцией, при этом усиливается трудно замечаемая минерализация почвы. Создаются условия, когда однажды наступившая длительная засуха приводит к резкому падению биомассы травы, растительность стравливается, дернина механически разрушается копытами животных, что усиливает ветровую, а затем и водную эрозию с развитием деградационных процессов в почве.

В последующем процессы разрушения почвенного горизонта и превращения земель в бесплодную пустыню идут значительно быстрее. В засушливых районах мира уже больше половины земель в той или иной степени охвачены процессами опустынивания: меньше эти потери в Австралии, Европе, Северной Америке (менее 50%) и значительные - во всех остальных районах, где опустынивание захватило свыше 50% земельных площадей (в некоторых районах Северной Африки до 90%). Последняя стадия деградации почвы - опустынивание - наступает внезапно, быстро и масштабно.

Большой вред почве наносится вырубкой леса. Основными причинами вырубки леса являются: 1) получение древесины для

строительства, бумажной и деревообрабатывающей промышленности; 2) вывоз древесины на экспорт;3) освоение новых территорий под пастбища и выращивание сельхозкультур; 4) получение топлива.

В связи с улучшением энергоснабжения многих районов вырубка леса на топливо сократилась, снизилась вырубка и с целью создания на этих площадях пастбищ и других сельхозугодий. Развитие химической промышленности сократило также расход древесины на строительство. В целом вырубленные леса во многих странах в настоящее время стараются восстановить адекватными по площади новыми посадками. Этому способствует также использование отходов древесины (изготовление из стружки прессованных плит и т.д.). Однако еще встречаются случаи (включая и горные районы нашего края) вырубки леса на склонах и в поймах рекдля ведения личного подсобного хозяйства, для получения промышленной древесины при ее неэкономном использовании. Нередко расточительному использованию лесов благоприятствует некомпетентность управления лесными хозяйствами.

Какие последствия вызывает безудержная эксплуатация лесных массивов? Их несколько, и все они весьма пагубны - прежде всего для человека. Лес хорошо предохраняет почву от капельной и плоскостной эрозии, поскольку капли дождя разбиваются о листья и влага, плавно стекая по стволам деревьев, впитывается потом в рыхлый слой почвы под детритом. Немало сведений, указывающих на то, что склоны под лесом имеют поверхностный сток более чем наполовину меньше, чем при травяном покрове. Лесные породы эффективнее используют (рециклизуют) биогены разложившегося детрита. Кроме того, вымывание биогенов из почвы под лесом в 40-45 раз ниже, чем после его вырубки, при которой процессы эрозии усиливаются в несколько раз, заиливая водные системы и сельскохозяйственные поля. Если к этому добавить снижение продуктивности биомассы новых сообществ по сравнению с вырубленным лесом, а также снижение потребления углекислого газа, уменьшение выхода кислорода, то все это дает достаточно полное представление о том ущербе, который наносит человек самому себе, безрассудно вырубая лес. Склоновые участки

достаточно быстро покрываются овражной системой с обнажением материнской породы и полной потерей ими плодородия.

3. Засоление и эрозия почв. Орошение сельскохозяйственных полей, особенно в районах с недостатком дождей, нередко является первопричиной их засоления, причём нередко до того уровня, при котором растения уже не могут расти. Это объясняется тем, что поливная вода содержит хотя бы небольшое количество различных солей, поступивших в раствор из грунта; вымываются соли и из минеральных частиц орошаемой почвы; вода теряется на испарение и транспирацию, а соли накапливаются в почвенном растворе в таком количестве, что большинство видов растений погибают и большие территории превращаются в засоленные пустыни.

В настоящее время уже свыше 30% орошаемых земель в мире засолено до уровня, при котором их дальнейшее использование невозможно. Ежегодно в мире подвергается засолению 1-2 млн. га; всего в мире засолено 150 млн га. Районы Северной Америки и Австралии имеют самый низкий процент засоления - 20% и ниже, тогда как в Западной и Южной Азии, Северной Африке, Южной Америке и на территориях бывшего СССР доля засоления орошаемых земель превысила 30-35%.

Засоление орошаемых земель можно не допустить, если хорошо промывать почву пресной водой. Это возможно при наличии хорошего дренажа, или, в противном, случае она превратится в болото. Возможно устройство, правда, затратное, естественного дренажа путем прокладки труб на определенной глубине и определенном расстоянии между ними. Встает вопрос, как распорядиться соленой водой дренажа. Второе направление предупреждения засоления - это пересмотр севооборотов и введение в технологию солеустойчивых культур, не накапливающих в биомассе солей, на определенное количество лет без орошения, что также будет способствовать рассолению почв.

Во всем мире набирают темпы различные виды эрозии почв. Экономические потребности заставляют население вырубать леса, распахивать малопродуктивные земли и склоны. Эрозия сильно зависит от климата и материнской породы. Почва формируется в среднем со скоростью 10-15 т/га в год. Это значит, что почвы выдержат такой же скорости эрозию. Но, к сожалению, в большинст-

ве случаев такого равновесия нет и от эрозии потери органического вещества доходят до 50 т/га в год и больше. От эрозии страдают большие площади пахотных земель. Потери почвы с полей по всему миру составляют свыше 20 млрд т в год, что примерно равно площади 10 млн га. Если к этому добавить, что в пустыни переходит еще около 10 млн га, то общие потери в мире ежегодно составляют свыше 20 млн га. Неудивительно, что такие страны, как Китай, потеряли из-за эрозии свыше 30% земель, США - около 20%, а в Эфиопии практически эродированы все площади пахотных земель, теряющие свыше 1 млрд т почвы в год. Историки считают, что антропогенная эрозия (опустынивание) плодородных земель Северной Африки - продовольственной базы Римской империи - в значительной степени определила в свое время падение этого государства.

Эрозия почвы и опустынивание являются одной из причин голода во многих случаях. Некоторые страны уже испытали это (например, Эфиопия); другим еще предстоит это испытать (скорее это коснется стран Азии и Африки). Эрозия не только уносит почву, но и истощает грунтовые воды, уплотняет оставшуюся почву, препятствуя углублению корней растений. Эродированные и опустыненные земли в сухих районах сами не восстанавливаются и продолжают разрушаться нескончаемо длительный период.

Безобразное отношение человека к окружающей среде, особенно к почве, является основой эродирования и опустынивания многих земельных территорий. Среди известных способов ограничения эрозии почвы следует назвать контурную вспашку, полезащитные полосы, террасирование, ленточный посев, беспахотное земледелие и т.д.

Контурная вспашка представляет собою обработку участка поперек склона, что способствует задержке воды в бороздах, лучшему ее впитыванию в почву, ослаблению эрозии, снижению поверхностного стока и переводу его во внутрипочвенный. Полезащитные полосы представляют посадки деревьев и кустарников вокруг полей, вдоль рек, в верховьях оврагов; они замедляют силу ветра, снижая эффект ветровой эрозии. В первую очередь это зависит от типа конструкции лесных полос.

Террасирование на склонах представляет собою устройство в виде ступеней, сдерживающих сток воды и увеличивающих площади для сельскохозяйственного производства. Обычно на террасах высаживаются плодовые деревья, цитрусовые и виноград. Ленточный посев представляет собою полосное размещение сельскохозяйственных культур (например, кукуруза, подсолнечник) и трав. Последние формируют сравнительно плотную дернину и мощную дерновину, которая не размывается под действием ветра и дождя. Выносимая дождевой водой из распаханной полосы почва задерживается травяной растительностью, что снижает скорость эрозии. Такие полосы особенно эффективны в борьбе с ветровой эрозией.

Беспахотное земледелие являет собою пример комплексной технологии. Сначала поле обрабатывается против сорняков гербицидами, а затем сеялкой, диски которой прорезают в стерне борозду, выбрасывают в нее семена и удобрения. Всходы растут так же хорошо, как и на пашне. Остатки предшествующей культуры служат мульчей для последующей, а также детритом, на котором развиваются популяции многих пищевых цепей, пополняющих почву органическим веществом. Почва остается мульчированной, и ее эрозия существенно снижается. Такая система заметно экономит средства и время на подготовку почвы, поскольку не нужны такие операции, как вспашка и культивация, снижается уплотнение почвы, т.к. трактора реже передвигаются по посевной площади. Кроме того, посев по стерне позволяет вести сев в более ранние и лучшие сроки, не ожидая высыхания почвы, что, в свою очередь, дает возможность получать до двух урожаев в год.

Беспахотное земледелие, естественно, заметно экономит расходы на горючее, сокращает число операций при выращивании растений, но в то же время создает и ряд проблем: 1) быстрое размножение некоторых вредителей (например, насекомые, мыши и др. грызуны) и фитопатогенов, рост популяций которых ранее сдерживался вспашкой, что требует дополнительного внесения пестицидов; 2) сорняки достаточно быстро вырабатывают иммунитет к гербицидам и, чтобы их убить, дозу гербицидов необходимо повышать; 3) внесение различных пестицидов далеко не безопасно и ведет к химическому загрязнению почвы, грунтовой и поверхностной воды и обусловливает вынос этих загрязнителей с урожаем.

Беспахотное земледелие на фоне всех плюсов и минусов можно рекомендовать для мелких хозяйств без использования пестицидов, как и более широкое использование надземных органов растений (включая и сорняки) в качестве мульчи, что будет защищать почву от эрозии, заметно подавлять сорную растительность, сохранять влагу в почве и способствовать обогащению почвы биогенами при переработке мульчи детритофагами.

4. Многолетние культуры. Необходимо перестраивать структуру посевных площадей, прежде всего соотношение однолетних и многолетних культур в севооборотах в пользу последних. Однолетники требуют больших энергетических затрат и усиливают эрозию почвы. Многолетники ежегодно отрастают и вегетируют весь благоприятный сезон, формируя мощную дернину, сдерживают эрозию, обогащают почву биогенами и детритом, лучше используют энергию солнца, почвенную и дождевую влагу и т.д.

В сухих и засушливых районах перевыпас является первопричиной опустынивания огромных территорий. При определении допустимой нагрузки скота на пастбище должен учитываться баланс органического вещества и важнейших биогенов (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  и т.д.). В сухих районах отчуждение надземной массы скотом не должно превышать 50-60% от ее годового урожая, а ранней весной и поздней осенью выпас вообще не должен допускаться. Только при таком режиме деградация почв под пастбищами будет уравновешена поступающим в нее органическим веществом и биогенами с остатками урожая и экскрементами животных; часть биогенов, отчуждаемых с продукцией, будет компенсироваться симбионтами и выветриванием горной породы, образующей почву.

Рекультивация земель является важнейшим приемом восстановления почв. Деградированные территории вполне подвергаются рекультивации, но этот процесс требует значительных затрат - материальных, моральных (люди должны верить, что их усилия принесут им пользу) и временных (чтобы деревья и кустарники прижились, за ними необходимо ухаживать несколько лет). Посадка лесных полос на склонах - достаточно эффективное мероприятие в борьбе с эрозией; лесные полосы ускоряют формирование травяных сообществ, активизируют образование почвы. Безусловно, скорость восстановления почвенного слоя будет не одинаковой в разных природно-

климатических условиях. Территорию с воссозданными почвами целесообразно не распахивать как можно дольше (20-30 лет), а использовать её под умеренный выпас или посадку деревьев без нарушения формирующегося почвенного слоя.

Завершая анализ проблем, обусловливающих деградацию земель, и направлений по улучшению ситуации и охране почв, следует подчеркнуть необходимость следующих мер:

- 1) создание в стране или регионе рабочих комиссий для организации точной оценки почв;
- 2) принятие на этой основе ряда законов и подзаконных актов по охране почв, выделению средств на их восстановление и т.д. (например, в США такие местные законы были приняты еще 1935 г., к чему их подвинули засуха и пыльные бури 30-х годов);
- 3) экологическое образование населения, а также чиновников, которые должны понять, наконец, что почвы страны являются самым большим богатством, созданным природой в течение тысячелетий, что разбазаривать его или уничтожать безграмотным использованием это преступление перед прошлым и еще большее преступление перед будущим;
- 4) осмысление того, что не разумное использование лесов, пойм и склонов, ради решения сиюминутных задач ничем не оправдывается, а только обострит ситуацию в недалеком будущем; бездарная политика в области сельского хозяйства в конце 50-х годов в СССР во времена правления Хрущева привела к необходимости закупки зерна за рубежом (прежде всего в США), на десятки лет обеспечив, поддержку американским и канадским фермерам и окончательно добив наше сельское хозяйство;
- 5) серьезный пересмотр политики хозяйствования на земле, анализ целесообразности вырубки лесов во всех районах, распашки земель на окраинах населенных пунктов и т.д., введение законов, регламентирующих ответственность за неправильное использование земли, а в случае снижения плодородия почвы материальной компенсации за ее восстановление;
- 6) узаконивание вывода земель, подвергающихся эрозии, в резерв и организация их восстановления на основе разработанной Программы.

## ГЛАВА 10. ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЗМОВ

- 1. Общие проблемы загрязнения организмов. Глобальной проблемой сегодня является загрязнение окружающей среды. Жизнедеятельность человека обусловливает ряд весьма отрицательных явлений, бумерангом отзывающихся на самом человеке. Остановимся на основных негативных явлениях, наблюдаемых в разных условиях ежедневно и ежечасно.
- 1. Бытовые и производственные свалки и заборники жидких стоков с каждым годом занимают все новые и новые площади, выводя всё большие территории из сельскохозяйственного пользования
- 2. Загрязнение канализационными стоками водных источников патогенными формами микроорганизмов и микрофауны, а также твердыми наносами приводит к снижению содержания в воде кислорода и изменению в ней состава микроорганизмов.
- 3. Смыв почвы с прибрежных участков способствует заилению водоемов, особенно малых рек.
- 4. Смытая почва, удобрения и органическое вещество канализационных стоков способствуют массовому развитию в водоемах малоценных водорослей и смене видового состава их экосистем.
- 5. Отравление почвы и воды ядовитыми веществами из отходов различных производств.
- 6. Изменение ППК почв, расположенных рядом со свалками, территорий за счет постоянного притока фильтрата, насыщенного тяжелыми металлами, пестицидами, красителями, оксидами различных элементов.

- 7. Изменение качества воздуха под влиянием сжигания топлива, мусора, автопокрышек, стерневых остатков, что обусловливает выпадение кислотных дождей.
- 8. Заражение воздуха, почвы и воды радиоактивными веществами, количество которых ежегодно увеличивается под вилянием деятельности человека: использование атомной энергии (АЭС, атомное оружие), отходы (шлаки) при производстве отдельных элементов, добыча радиоактивных веществ (уран, ванадий и т.д.).
- 9. Увеличение количества газообразных веществ (углекислый газ и др. оксиды), выбрасываемых в воздух предприятиями, при сжигании мусора и т.д., что понижает количество кислорода, способствует изменению климата.
- 10. Загрязнение среды техногенными отходами, среди которых немало мутагенов и канцерогенов, является причиной изменения генофонда организмов многих экосистем, включая и человека, вводит в пищевые цепи повышенные концентрации отдельных веществ и соединений (химически активных), изменяя видовой и популяционный состав тех или иных систем.

В атмосферу, гидросферу и почву промышленностью и транспортом выбрасывается много вредных веществ. Интенсивно загрязняют воздух сернистый газ, галогены и их соединения, озон, пероксиацетилнитрат, оксиды азота, окись углерода, сероуглерод, сероводород, аммиак, этилен, копоть, пепел, твердые частицы пыли, цемент, известь, кремний, каменный уголь, тяжелые металлы и их соединения.

Загрязняется не только воздух, но и вода. Положение усугубляется тем, что между всеми природными компонентами существует очень тесная постоянная связь: загрязнение воздуха - источник загрязнения воды и почвы. Наибольший вес загрязнений приходится на металлургию, стоки предприятий химической и нефтехимической промышленности.

Токсичные вещества циркулируют в природной среде и их конечным продуктом выступает почва. Загрязнение почвы идет за счет промышленных, бытовых и транспортных отходов, целенаправленного применения ряда химических веществ: пестицидов, минеральных удобрений, отходов, осадков сточных вод. Защита природной среды сегодня имеет глобальное значение. Важным

этапом на пути оздоровления природной среды является разработка методов мониторинга, направленных на выявление, идентификацию и определение концентрации токсичных веществ и на этой основе разработка новых подходов к отношениям с природой.

Разработана концепция комплексного экологического мониторинга природной среды, составной частью которого является биологический мониторинг, проводимый на комплексных фоновых станциях (Белюченко, 1998). Значение биологического мониторинга определяется следующим:

- 1. Оценка физических и химических параметров загрязненности природной среды является весьма трудоемким процессом по сравнению с методами биологического контроля.
- 2. В окружающей человека среде находится не один, а множество токсикантов, воздействие которых в комплексе намного сильнее, чем каждого компонента отдельно (явление синергизма). Концентрация каждого компонента в комплексе токсикантов, определяемая с помощью физико-химических методов, не всегда является губительной для живых организмов, но их совокупное воздействие может быть весьма опасным. Синергизм не учитывается физико-химическим методом, но он выявляется при использовании биоиндикаторов при наблюдении непосредственного воздействия загрязнителя на живые организмы.

Безусловно, биологический мониторинг не вытесняет физико-химические методы изучения состояния среды, данные которых более точны и конкретны. Но только биологический мониторинг позволяет оценить качество природной среды и её пригодность для биоты и человека, а также прогнозировать изменения экологической ситуации, вызванные антропогенной деятельностью.

Основу биологического мониторинга составляют растения, чётко реагирующие на состояние среды: атмосферы, гидросферы и почвы. В городе растения страдают от выхлопных газов автомобилей и дыма труб: преждевременно стареют, редеет и уродуется их крона, рано желтеют и опадают листья. Если сосна растет вблизи промышленного предприятия, то хвоя опадает тем раньше, чем сильнее загрязнен воздух. Обычно хвоя живет 3-4 года, а в городе, при относительно чистом воздухе, - только 2-3 года.

Многие растения можно использовать в качестве индикаторов определенных загрязнений. Липы на боковых улицах со слабым автомобильным движением хорошо выглядят, их крона темно-зеленая, раскидистая. По-другому выглядят липы на магистралях с интенсивным движением, особенно возле светофора. При торможении в атмосферу выбрасывается особенно много фитотоксинов (в первую очередь —  $SO_2$ ), которые сильно угнетают растения. Их листья походят на обгоревшие, а ветви, обращенные к автомагистрали, нередко засохшие, а крона однобокая. Чувствительна липа и к засолению почв в городах. Можно сравнить деревья возле самой дороги и второго ряда посадок - они сильно различаются.

Индикаторная роль растений заключается в выявлении отдельных загрязнителей, а также для комплексной оценки общего состояния среды. Токсичное воздействие загрязнителей на растения прослеживается при сравнении дикорастущих и сорных растений в зоне загрязнения. Безусловно, необходимо исключить возможность повреждения растений другими биологическими и абиотическими факторами, кроме загрязнителей. Мониторинг выполняется путем наблюдения за отдельными видами растений и за состоянием фитоценозов. С помощью мониторинга за состоянием растений одного вида (обычно выбирают более чувствительные породы), как правило, осуществляют индикацию какого-то одного загрязнителя; на уровне фитоценозов оценивается общее состояние природной среды.

Мониторинг на уровне вида включает следующие требования:

- 1) присутствие вида в экосистеме,
- 2) частота его встречаемости,
- 3) сравнительная оценка анатомно-морфологических свойств,
  - 4) анализ физиолого-биохмических показателей.

Например, возможен учет повреждений листьев, особенностей их анатомии, мощности воскового налета, определение содержания хлорофилла, активности ферментов и т.д.

Состояние дикорастущих и культурных растений в случае присутствия в воздухе специфических токсикантов определяется

по сравнению со стандартной экспозицией растений в обследуемом районе, но при небольшом или полном отсутствии загрязнителя (так называемый контроль). Проводится изучение реакции растений на загрязнение: повреждение листьев, скорость роста и величина продуктивности у относительного однородного материала (одна порода, возраст и т.п.) и при одинаковых условиях вегетации растений.

Мониторинг на уровне фитоценоза включает: 1) учет видового разнообразия; 2) соотношение жизненных форм; 3) определение жизненности; оценка продуктивности растений и другие показатели.

Биологический мониторинг включает также химический анализ содержания загрязнителей в живых организмах (биопробы). С этой целью используют растения, которые обладают устойчивостью к загрязнителям, хотя и накапливают их в тканях. Рассмотрим примеры использования некоторых биологических объектов для индикации отдельных загрязнителей.

2. Влияние ответьных загрязнителей на природные объекты. Сернистый газ. Одним из вредных компонентов, накапливаемых в атмосфере, является сернистый газ. Он образуется в результате переработки и горения органических веществ (каменного и бурого угля, нефти, нефтепродуктов, древесины), при производстве и использовании серной кислоты, плавке серосодержащих руд, содержится в выбросах тепловых электростанций, предприятий черной и цветной металлургии, коксохимических и цементных заводов, при производстве синтетических волокон, аммиака и целлюлозы. В мире выбрасывается в атмосферу свыше 150 млн т сернистого газа - 2/3 приходится на США и Западную Европу. Опасные источники этого вещества - сжигание высокосернистых углей и мазута.

Очень чувствительны к загрязнению сернистым газом люцерна, хлопчатник, пшеница, капуста, ячмень, овес, табак, женьшень, редька, ежа сборная. Двуокись серы поступает в растения в основном через устьица. Чем сильнее опушены листья, тем меньше они поглощают сернистый газ. Мало газа поглощают вишня войлочная, клен серебристый, много - желтая акация. Газ растворяется в жидкой среде клеток. Скорость поступления фитотоксина зави-

сит от его доли в воздухе и насыщенности листьев водой; увлажненные листья поглощают  $SO_2$  быстрее, чем сухие. Например, листья фасоли при влажности воздуха 75% поглощают сернистый газ в 2-3 раза быстрее, чем при влажности 35%.

Многие растения интенсивно накапливают серу. Чем больше серы в листьях, тем сильнее они повреждаются: первоначально возникают ожоги, затем листовые пластинки деформируются и отмирают. Сосна сбрасывает хвоинки при концентрации сернистого газа 1:1000000. Усиление концентрации сернистого газа ускоряет гибель хвои за короткие часы. Молодые побеги поглощают сернистый газ активнее, чем старые. Сернистый газ разрушает хлорофилл, нарушает структуру хлоропластов и снижает интенсивность фотосинтеза, из-за чего рост растений ослабляется, урожайность и устойчивость к неблагоприятным условиям среды падает.

Наиболее чувствительны к сернистому газу лишайники. Лихенофлора города беднее пригородов. Первыми реагируют на сернистый газ лишайники кустистой жизненной формы, затем листоватые и последними - накипные, или корковые.

В промышленной зоне городов лишайники вообще отсутствуют. Формируется своего рода лишайниковая пустыня. Лишайники весьма чувствительны к сернистому газу потому, что у них отсутствует непроницаемая кутикула и газообмен осуществляется всей поверхностью. Кроме того, сернистый газ в больших количествах концентрируется в дождевой воде, а лишайники хорошо адсорбируют ее всей поверхностью и даже при  $0^{\circ}$ С поглощают кислоту талломом. Они, кроме того, не могут избавляться от пораженных участков, как, например, некоторые высшие растения.

Большое многообразие лишайников в какой-либо местности указывает на чистоту воздуха. При суммарной годичной концентрации в воздухе двуокиси серы свыше  $0,3~\text{мг/м}^3$  лишайники существовать не могут. Некоторые лишайники относятся к сравнительно устойчивым и вегетируют при концентрации в воздухе двуокиси серы от  $0,05~\text{до}~0,20~\text{мг/м}^3$ . К таким лишайникам относятся ксантория (Xanthoria parietina), встречающаяся повсеместно на коремногих деревьев, анаптихия реснитчатая (Anapthychia ciliaris) и фисция припудренная (Physcia pulverulenta), распространенные на деревьях возле дорог и в парках и некоторые другие. При содержа-

нии сернистого газа до  $0.05~{\rm Mr/m^3}$  (воздух чистый) лихенофлора представлена также видами пармели (*Parmelia spp.*) и электории (*Alectoria spp.*).

Двуокись серы, начиная с концентрации  $0,1\,\mathrm{mr/m^3}$ , обусловливает деградацию хлорофилла и снижение фотосинтеза водорослей и лишайников. В кислой среде (pH 3) хлорофилл интенсивно окисляется и претерпевает другие изменения.

Большой интерес с точки зрения индикации загрязнения воздуха представляет лишайник *Hypogymnia physoides*, встречающийся часто на территории Европы на хвойных и отмирающих в течение 1-2 месяцев особях при концентрации сернистого газа 0,08-0,10 мг/м<sup>3</sup>. Регистрация отмирания слоевища лишайника осуществляется фотографированием на цветную пленку через определенный промежуток времени или микроскопированием, при этом устанавливают долю поврежденных клеток водорослей, а также содержание хлорофилла. Уровень загрязнения среды обитания устанавливают по частоте встречаемости лишайников и мощности их развития на стволах. Установлено, что высокие концентрации сернистого газа при кратковременной экспозиции опаснее для ряда высших растений, чем для лишайников, тогда как продолжительное влияние низких концентраций сильнее сказывается на лишайниках.

Весьма чувствительны к сернистому газу хвойные, особенно ель, пихта и сосна (обыкновенная и Веймутова), меньше лиственница. Известно, что продолжительность жизни хвои у сосны доходит до 4 лет. Если хвоя приобретает темно-красную окраску, особенно у основания, то в воздухе много двуокиси серы. Для подтверждения необходимо определить содержание хлорофилла в хвое.

Считают, что наиболее подходящим индикатором двуокиси серы по содержанию хлорофилла в хвое является *Cryptomeria japonia* - дерево с темно-коричневым стволом и пирамидальной кроной; хвоя как бы вросла в веточки, и опадают они одновременно; выращивается на Кавказе для защиты от холодов посадок чая. С удлинением срока действия и повышением концентрации двуокиси серы в воздухе увеличивается толщина воскового слоя на хвое со-

сны, на надземных органах райграса и т.д. Этот феномен используют в качестве теста для индикации двуокиси серы в воздухе.

Наличие большого количества двуокиси серы в воздухе обусловливает резкие отклонения по содержанию фенольных соединений у ели обыкновенной, что отмечается и через внешние изменения. Высокая концентрация двуокиси серы усиливает кислотность в клетках растений, особенно широколиственных деревьев. Например, рН клеток коры *Tilia platyphyllos* в городе составляет около 3, а за городом этот показатель доходит до 4.

Двуокись серы вызывает весьма специфические повреждения растений. Например, по обеим сторонам листьев у злаков у центральной жилки образуются белесоватые или коричневые линии. Поэтому не случайно *Poa annua* (мятлик однолетний) предлагают использовать в качестве индикатора двуокиси серы, поскольку он широко распространен и очень чувствителен к этому химическому соединению.

*Фтор*. Этот элемент находится в воздухе в виде фторидов натрия и калия, фтористого водорода, четырехфтористого кремния и является достаточно токсичным для растений. Его источники в атмосфере - это алюминиевые и криолитовые заводы и предприятия, выпускающие фосфорные удобрения, керамические и эмалевые изделия. В растения соединения фтора попадают через устыща, молодые органы и поврежденную кору. Его заметные концентрации в воздухе вызывают гибель растительности. Весьма чувствительны к фтору гладиолусы, лук, фасоль, ель, сосна, некоторые злаки (сорго, пшеница). Концентрация элемента 0,5 мкг/м<sup>3</sup> крайне отрицательно влияет на вышеупомянутые растения.

Содержание соединений фтора определяют на примере малочувствительных к нему растений райграса многоукосного (Lolium multiflorum) и райграса пастбищного (L. perenne). По накоплению фтора в листьях этих растений за определенный период можно с высокой точностью определить его среднее содержание в окружающем воздухе.

Повышение концентрации фтора в тканях растений вызывает хлороз листьев с последующим отмиранием. Такие симптомы отмечены для хвойных, цитрусовых, некоторых злаков, плодовых. У хвойных хвоинки белеют, а потом темнеют и отмирают. Наиболее

устойчивы к фтору нижние старые листья. Накопление фтора в растениях сопровождается замедлением их роста. По некоторым данным фтор задерживает прорастание семян пшеницы, ее рост и продуктивность.

Наиболее чувствительны к фтору фрезия и гладиолусы, реагирующие даже на самые незначительные его концентрации в воздухе. В США в качестве индикатора на фтор используется гладиолус. Весьма резко реагирует на фтор его сорт «Снежная королева».

Биологический мониторинг природной среды, особенно его дистанционные методы, например, цветная инфракрасная съемка растительности, показывает, что поврежденные и загрязненные растения выглядят по-разному; по снимкам можно установить также степень повреждения растений, содержание токсикантов в воздухе и площадь, подвергнутую загрязнению; тип загрязнителя можно определить по некоторым косвенным признакам.

Установлено, что увеличение концентрации фтора в среде (особенно вблизи алюминиевых заводов) резко усиливает активность фермента пероксидазы задолго до проявления внешних признаков. Такие закономерности установлены в опытах с елью, сосной, буком, абрикосом.

3. Тяжелые металлы и выхлопные газы автомобилей. Антропогенные источники увеличивают поступление в окружающую среду свинца в 15-20 раз, кадмия в 7-10 раз, цинка в 6-10 раз по сравнению с естественными поступлениями. Доля рассеиваемых металлов в атмосфере постоянно растет, причиной чему служит усиление геохимической деятельности человека. Например, до 90% добываемой ртути уходит в окружающую среду. Примерно такая же картина складывается по свинцу.

Весьма чувствительны к цинку ряд орхидных и бромелиевых, накапливающих металлы из дождевой воды, соприкасающейся с цинковыми емкостями. Влияние цинка сопровождается отмиранием кончиков листьев и изменением их формы. Цинк может вызывать махровость цветков мака.

Карликовость растений нередко обусловливается высоким содержанием меди. Кроме того, избыток меди в растениях мака и розы вызывает изменение окраски лепестков на голубую или черную.

Никель обусловливает появление на листьях томатов некротических пятен, а на стеблях - побурение участков и их последующее отмирание; он способствует подавлению точек роста корней и стеблей.

Сфагновые мхи и лишайники можно использовать в качестве аккумулятивных индикаторов загрязнения окружающей среды. Интенсивно накапливает свинец, марганец и железо Sphagnum fuscum (сфагнум бурый) - высокопродуктивный олиготроф с интенсивным ионным обменом. Наоборот, S. cuspidata (сфагнум длинноостроконечный) поглощает эти элементы очень слабо. Именно особенность низших накапливать в своем теле тяжелые металлы широко применяется для составления карт загрязнения промышленных территорий и крупных автомагистралей. Например, максимальная концентрация свинца, цинка и железа наблюдается в растениях на расстоянии до 20-40 метров от магистрали: в 2-4 раза выше, чем за этими пределами. Усиление движения автотранспорта увеличивает содержание тяжелых металлов, особенно свинца, в среде обитания в 4-5 раз по сравнению с таковой при минимальной загрузке автомагистрали.

Автомобильный транспорт является очень серьезным загрязнителем окружающей среды. В крупных городах мира доля автомобилей в ее загрязнении составляет до 90% самых различных вредных веществ. В отработанных газах автомобилей содержится свыше 150 вредных компонентов, основная часть которых относится к канцерогенам.

Опасную для здоровья людей долю газов в атмосфере можно оценить по состоянию некоторых растений, в частности, традесканции - комнатного растения, меняющего окраску тычинок из синей на розовую под действием оксидов углерода и азота.

Смог представляет собою концентрацию тяжелых металлов и плотного тумана и образуется в результате пересыщения атмосферы газообразными выделениями городов. Например, лосанджелесский тип смога формируется в результате фотохимических реакций оксидов азота и углеродов, выбрасываемых с газами автомобилей. Фотооксиды (органические вещества перекисной природы) - пероксиацетилнитрат, озон, оксиды азота и некоторые другие вещества - входят в состав смога практически во всех рай-

онах мира. Во время смога в приземном слое увеличивается концентрация ядовитых веществ, отрицательно влияющих на здоровье людей. В крупных городах, расположенных в низинах, отрицательное влияние смога на людей особенно усиливается. Смог отрицательно сказывается на продуктивности растений, снижая ее до 30-35%.

4. Ядовитый озон и радиоактивные вещества. Содержание озона в окрестностях крупных городов последние годы возрастает в связи с дезинфекцией и дезодорацией дурнопахнущих веществ, отбеливанием тканей, очисткой промышленных стоков. Озон является участником многих технологических процессов: при эпоксидации смол, органическом синтезе жирных кислот, обеззараживании питьевой воды и т.д. При содержании озона в воздухе 0,2-0,3 мг/м³ организм человека испытывает его отрицательное воздействие. Озон при высокой концентрации весьма токсичен для всех живых организмов. Однако при определенной концентрации озонированный воздух считается чистым и весьма освежающим и оздоровляющим организм человека. В некоторых случаях содержание озона доходит до 18 мг/кг, тогда как обычное содержание составляет 2-4 мг/кг; допускается норма озона в воздухе до 6 мг/кг.

Озон диффундирует в листья через устьица и в обычных условиях в середине дня - от 13 до 15 ч. Повышение увлажнения воздуха способствует ускорению диффузии озона в растение. Считается, что сахарная свекла, морковь, земляника, можжевельник и некоторые другие растения устойчивы к озону, тогда как картофель, томаты, табак, виноград, люцерна, редис, фасоль являются весьма чувствительными к нему. На верхней стороне листьев винограда появляются темно-коричневые пятна. При высокой концентрации озона листья винограда теряют обычную окраску и рано опадают. Старые листья сильнее повреждаются, чем молодые, что не совпадает с влиянием двуокиси серы и фтористого водорода. Окраска листьев меняется: вначале они глянцевые, а затем становятся хлоротичными, кончики листьев обесцвечиваются и белеют. Озон снижает поверхность листьев у клевера наполовину и на треть - у райграса.

Озон разрушает хлоропласты и превращает их в гомогенную массу, что снижает интенсивность процессов фотосинтеза. Озон

отрицательно влияет на мембраны, прежде всего на их проницаемость. Все это снижает рост и продуктивность культур. Например, урожай картофеля снижается наполовину, люцерны - до 40% и т.д.

Отмечены различия в отношении к озону между сортами одной культуры (табак, фасоль и т.д.). Сорт фасоли «Пинто», весьма чувствительный к озону, используется в качестве индикатора озонового загрязнения воздуха. Оценка ведется по снижению содержания хлорофилла.

Насыщение окружающей среды радиоактивными веществами, происходящее последние несколько десятилетий, заслуживает особого внимания. Начало этому явлению положили испытания ядерного оружия. Среди радиоактивных веществ особое место занимает стронций-90, поступающий в организм человека вместе с кальцием и концентрирующийся в костях, что вызывает генетические аномалии, опухолевые заболевания и сокращение продолжительности жизни.

Несмотря на очевидную опасность загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами, продолжаются испытания ядерного оружия, строится много атомных реакторов, представляющих большую опасность при их авариях. И в США, и в странах СНГ ежегодно случаются тысячи аварийных случаев на производящих ядерное горючее заводах и станциях, что оказывает существенное влияние на качество окружающей среды. Наиболее трагичным примером подобной катастрофы является Чернобыль, трудно учесть все последствия разрушения атомных реакторов в Японии на АЭС Фукусима.

Большую опасность по усилению загрязнения радиоактивными веществами окружающей среды представляет захоронение отходов. Вследствие ненадежного захоронения западноевропейскими странами отходов в Атлантике увеличилась радиоактивность Тихоокеанского побережья США, Северо-Восточной Атлантики и других мест. В морской воде повысилось содержание цезия-137 и стронция-90. Особую тревогу вызывает появление в окружающей среде плутония и америция.

Живые организмы по-разному реагируют на содержание в системе радиоактивных веществ. Особенно много их накапливают морские животные и водоросли. Например, некоторые моллюски

Тихого океана более чем в 2000 раз радиоактивнее, чем вода океана. Содержание радиоактивных веществ в тканях протококковой водоросли сценедесмус выше, чем в воде, в 9000 раз. Сильными концентраторами радиоактивных веществ являются также диатомовые водоросли. Загрязнение воды радиоактивными веществами распространяется на 40-60 км от места расположения загрязнителя в зависимости от его радиационной активности.

Очень чувствительны к загрязнителям, поступающим с промышленными стоками и дождями, микроорганизмы. Особый интерес в этом плане представляют светящиеся бактерии, которые прекращают светиться при насыщении среды промышленными загрязнителями, особенно сернистым газом.

## **ЧАСТЬ 4. ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ**

## ГЛАВА 11. ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

1. Общие проблемы энергетики. Перспективы устойчивого развития общества (региона, государства) обусловливаются наличием в стране традиционных надежных энергоресурсов. В большинстве регионов страны, к сожалению, энергоресурсы далеки от устойчивости. Кроме того, немало энергии расходуется нерационально, и, безусловно, разумность её использования является важным резервом экономии. Прогресс развития общества на современном этапе невозможен без существенной замены человеческого труда машинами, работа которых базируется на различных источниках энергии. Уровень развития общества оценивается по дешевому энергопотреблению.

Широкое внедрение машин вместо ручного труда приходится на конец XVIII века с появлением парового двигателя, который использовали на текстильных фабриках и других предприятиях. В качестве топлива служили дрова, а затем уголь, который широко применяли также для отопления. Широкое использование угля связано с риском его добычи и весьма заметным загрязнением среды. В конце прошлого и начале нынешнего века надежную прописку в качестве источника энергии получила нефть, из которой производили бензин, дизельное топливо, мазут.

Нефтепродукты меньше загрязняют атмосферу, после их сгорания не остается золы. Кроме того, энергоемкость нефтепродуктов выше, чем угля. К середине нашего столетия нефть существенно подвинула уголь в хозяйственном использовании, в отоплении

стал использоваться мазут, в транспорте - бензин и т.д. Однако при выработке электроэнергии уголь остался весьма важным источником; используется он также в металлургии и в ряде других производств.

Позже (в 70-е годы) широко стали применять природный газ (метан), который концентрируется вместе с нефтью. После его сгорания побочных продуктов остается еще меньше, чем при сгорании нефти. Кроме того, он не разливается по земле и его считают наиболее чистым экологическим топливом. Транспортируют газ по трубопроводам от места добычи к местам использования. Он дешев, чист и весьма удобен для употребления. Тем не менее, в нашей стране в местах добычи нефти немало горящих факелов над скважинами - это просто сжигают впустую ценнейшее топливо.

В последние годы стали внедрять более современную добычу газа: строятся огромные платформы (примерно размером в 4-футбольных поля), которые ведут добычу и сжатие газа при температуре ниже -160°С (газ сжимается в 600 раз) и таким образом его реализуют. Такой метод применяют в труднодоступных морских анклавах, где его подача трубоводами весьма проблематична.

Рост населения в мире и повышение его благосостояния требуют увеличения общего потребления топлива. Например, производство большого количества машин потребовало резкого наращивание выпуска бензина, что вызвало его нехватку в стране уже в середине 70-х годов.

Основным потребителем топлива является энергетика: угольные электростанции, станции на природном газе, нефти. При сжигании угля, мазута и природного газа генераторы турбин вращаются под высоким давлением пара при кипячении воды; пар подается на турбину, которая соединена с генератором. Для работы турбогенератора (турбина и генератор) используют многие источники тепла: уголь, нефть, ядерное топливо, мусор, геотермальная энергия (тепло недр), энергия солнца и т.д. Функционируют паровые, водяные и газовые турбины. Паровой турбогенератор приводится в движение паром, газовый - высоким давлением при сжигании природного газа, водяной - турбину вращает сбрасываемая вода.

Производство электроэнергии тянет за собой ряд проблем в окружающей среде: 1) изменение поверхности земли при строительстве водохранилищ и добыче топлива; 2) загрязнение среды токсичными отходами при горении топлива; 3) повышение температуры атмосферы; 4) загрязнение поверхностных и подземных вод и негативное воздействие на флору и фауну водных бассейнов; 5) низкий КПД использования топлива и других источников энергии при производстве электроэнергии.

Основными потребителями энергии в настоящее время во всех странах мира являются: 1) промышленность (металлургия, производство различных материалов и изделий, химия); 2) отопление и горячее водоснабжение; 3) транспорт (корабли, самолеты, автомобили, трактора, поезда); 4) производство электроэнергии (работа различного оборудования, освещение и т.д.). Наибольшую долю в выработке энергетики имеет нефть и нефтепродукты, затем природный газ, уголь, гидростанции, ядерное топливо.

В последние годы во многих странах Европы большое внимание уделяется использованию энергии ветра. В этом плане значительный интерес представляют исследования по созданию и управлению вихревыми потоками, энергетическая эффективность которых, по данным некоторых авторов, весьма существенная. Работать в таком направлении, безусловно, необходимо, тем более, что этот возобновляемый источник освоен еще недостаточно.

2. Образование топлива и его добыча. На первых порах развития биосферы накопление органического вещества на планете значительно превосходило ее использование консументами и потому была возможность ее концентрации в больших количествах на дне морей, где погребение минеральными отложениями за миллионы лет превратило её в нефть, газ, уголь, что зависело от особых условий, в которых происходили специфические процессы превращения. Возможно ли сейчас образование таких веществ? Скорее, что нет. Это связано с почти полным потреблением формирующегося органического вещества и с очень высокой скоростью использования горючего. Считается, что в настоящее время ежедневно потребляется нефти столько, сколько раньше формировалось ее за тысячу лет. Ограниченность запасов сырья обусловливает рано или поздно их истощение. С помощью различных мето-

дов разведки определяются запасы нефти, газа, угля. В дальнейшем ведется их добыча.

Нефть и газ. Основным правилом добычи нефти является годовая норма 10% от разведанного запаса. Нас интересует в первую очередь влияние добычи и перевозки нефти и других источников топлива на окружающую среду. Насколько сильное воздействие на природу может оказать нефть, хорошо иллюстрирует крушение в марте 1989 г. танкера «Эксон Вальди», погрузившего на борт 1,2 млн. баррелей нефти на Аляске для ее перевозки на заводы Калифорнии. При аварии вытекло 40000 тонн нефти, покрывшей свыше 1,5 тыс. км² поверхности океана и свыше 700 км морского побережья. Был нанесен огромный ущерб фауне и флоре, нарушены пищевые цепи многих биоценозов.

Прорыв трубопровода в Коми в 1994 г. и другие примеры свидетельствуют об огромной опасности, сопряженной с добычей и транспортировкой нефти. Аварий меньших размеров в мире трудно даже подсчитать. В целом «нефтяное давление» на флору и фауну в настоящее время чрезвычайно велико. Сама по себе нефть и ее производные являются чрезвычайно губительными для флоры и фауны и на суше, и в море.

Не меньшую опасность представляет перевозка природного газа или его транспортировка по трубопроводам. Хорошо известен случай в Поволжье, произошедший несколько лет назад, когда сгорело много вагонов пассажирского поезда, погибли люди, уничтожена флора и фауна на прилегающей территории - это ли не доказательство возможных негативных последствий транспортировки газа.

Уголь. Запасы угля на планете еще очень велики, и его хватит на многие десятки лет. Однако уголь связан с весьма серьезными последствиями в окружающей среде. Прежде всего, его добыча (открытым или подземным способом) является весьма дорогостоящей и заметно влияет на окружающую экосистему. При подземной добыче масса породы, поднимаемая на поверхность, образует огромные терриконы.

При открытом способе на больших площадях вскрываются почвогрунты и уничтожаются целые экосистемы. Правда, затем эти площади можно рекультивировать: насыпать грунт, удобрить

его, высеять и высадить растения и через 40-60 лет сформируется новая экосистема (в условиях выпадения осадков в умеренной зоне не менее 600-700 мм в год). При меньшем количестве осадков формирование устойчивой экосистемы затянется до 75-90 лет. Если количество осадков ниже 250 мм, то рекультивация практически ничего не дает, а нарушенные территории превратятся в бесплодную непродуктивную сухую степь.

С другой стороны, использование угля ведет к серьезному загрязнению окружающей среды: 1) выделяющийся при сжигании угля  $SO_2$  поступает в атмосферу, вступает в реакцию с водой и образует серную кислоту (основа кислотных осадков); 2) при сжигании угля в воздух уходит масса пыли и взвешенных частиц, влияющих на дыхательную систему организмов; 3) выделяются оксиды азота; 4) получаемые при сжигании угля отходы содержат в небольших количествах ртуть, мышьяк, свинец; 5) угольные отходы содержат некоторые радиоактивные вещества; 6) при сжигании угля выделяется в большом количестве углекислый газ (на 1 кг угля почти 3 кг  $CO_2$ ), определяющий парниковое воздействие на планету. Все это свидетельствует о деградирующем воздействии добычи и использования угля на природу и весьма отрицательном его влиянии на здоровье людей и состояние биоты.

Торф. Этот вид топлива представляет собой растительный материал, разложившийся в воде (болота). Считается, что торф является первой стадией образования угля: формируется при низких показателях рН в анаэробных условиях со скоростью 1 мм в год; пласты торфа занимают несколько метров, его образование приурочено к районам высокой влажности. Использование болот (низинные - для выращивания сельхозкультур, верховые - для торфоразработок) обусловило нарушение экологического равновесия на огромной площади и привело на край гибели многие виды флоры и фауны. Кроме того, болота являются мощным естественным фильтром пресной воды на земле. Сокращение болот на планете - это сокращение запасов питьевой воды и обеднение флоры и фауны, присущей только этому типу наземных экосистем.

3. Ядерная энергетика. При ядерных реакциях атомы изменяются через расщепление ядра (ядерный синтез): ядро одного элемента распадается на два легких ядра других элементов, два

легких ядра при ядерном синтезе соединяются в тяжелое ядро другого элемента (например, дейтерий  $\mathrm{H}^2$  + тритий  $\mathrm{H}^3$ =гелий); суммарная масса продуктов реакции ниже исходного материала (в обоих случаях высвобождаются свободные нейтроны). Потерянная масса (нейтроны) превращается в энергию. При ядерной реакции выделяется большое количество энергии; по эффективности быстрое расщепление или слияние ядер 1 кг вещества равно взрыву атомной бомбы. В основе использования расщепления ядер для получения энергии лежит управление этими процессами с постепенным освобождением энергии в форме тепла, которое применяется для кипячения воды, и получаемый пар является двигателем турбогенератора. Природный уран представляет смесь трёх изотопов:  $^{234}$ U (0,006%),  $^{235}$ U (0,7%),  $^{238}$ U (99,3%).

В природе  $^{238}$ U занимает 99,3% и  $^{235}$ U - 0,7%. Выделяющиеся нейтроны  $^{235}$ U редко встречают такие же атомы, и потому зачастую

В природе <sup>238</sup>U занимает 99,3% и <sup>233</sup>U - 0,7%. Выделяющиеся нейтроны <sup>235</sup>U редко встречают такие же атомы, и потому зачастую освобождается энергия только одного ядра. Для получения ядерного топлива руду очищают и обогащают, разделяя изотопы <sup>238</sup>U и <sup>235</sup>U и повышая концентрацию <sup>235</sup>U. Основное препятствие распространения ядерного топлива - это трудности обогащения материала с повышением концентрации <sup>235</sup>U до 3% и снижения <sup>238</sup>U до 97%. Уран входит в состав многих минералов. Число элементарных частиц в ядре атома (нейтронов) соответствует номеру изотопа. Ядро <sup>235</sup>U расщепляется легко, тогда как <sup>238</sup>U расщепляется трудно. Реакцию распада <sup>235</sup>U можно подтолкнуть бомбардировкой его нейронами (это ключ в атомной энергетике).

При распаде ядра <sup>235</sup>U высвобождается 2-3 нейтрона; при сталкивании каждого свободного нейтрона с другими атомами <sup>235</sup>U, который легко расщепляется (этот процесс называется цепной реакцией), происходит дальнейшее усиление реакции распада.

При достижении по массе критического уровня <sup>235</sup>U расщепление одного из его атомов вызывает цепную реакцию, приводя к делению нескольких ядер, а их нейтроны расщепляют новые атомы и т.д. Всего за считанные секунды распадется весь ядерный заряд с выделением энергии, приводящим к взрыву (пример неуправляемой цепной реакции - взрыв атомной бомбы).

Ядерный реактор поддерживает непрерывную цепную реакцию, не допуская перехода ее во взрыв, что возможно только при

низком обогащении <sup>235</sup>U (всего до 3%). Небольшие гранулы <sup>235</sup>U помещают в стальные трубки, которые в ядерном реакторе размещают близко друг к другу, что и обусловливает устойчивую цепную реакцию. Между трубками расставляют регулирующие стержни с графитом, поглощающие нейтроны. Их можно убирать или выдвигать, используя для управления цепной реакцией. Таким образом, ядерный реактор состоит из неподвижных трубок, наполненных гранулами <sup>235</sup>U, и подвижных между ними стержней, регулирующих цепную реакцию.

По выходу энергии в ядерном реакторе 1 кг <sup>235</sup>U равен 2000 т угля. Для работы атомной станции в течение двух лет необходимо около 3 т урана. Отработанные трубки заменяются в реакторе новыми. Ядерная энергетика привлекательна по многим параметрам.

При одинаковой мощности угольной и атомной станции угля потребуется в год 3 млн т, а ядерного топлива - всего до 1,5 т, которое можно получить из 1000 т урановой руды; экономичность уранового топлива очевидна. Обогащенный уран не выделяет двуокиси серы, углекислого газа и других загрязнителей среды. Атомные станции образуют меньше по объему твердых отходов (радиоактивные отходы атомного реактора до 2 т, а угля - до 100000 т золы, которая часто также несёт радиоактивные вещества).

Однако и недостатки атомной энергетики вполне очевидны. При делении ядер урана или других тяжелых элементов образуются более легкие атомы цезия, стронция, йода и других (около 30) нестабильных изотопов радионуклидов, испускающих радиоактивное излучение и элементарные частицы. Нестабильными становятся также другие вещества внутри и вне реактора, поглощающие нейтроны ядерной реакции, - из них состоят радиоактивные отходы атомной станции и радиоактивные осадки при взрыве.

Радиация пробивает живые клетки и при больших дозах останавливает их деление (поэтому их используют в радиотерапии онкозаболеваний), при облучении всего тела нормальное деление клеток кожи, крови и других структур становится невозможным и возникает лучевая болезнь, приводящая человека и другие организмы к гибели через несколько дней, недель, месяцев; очень сильное облучение приводит к немедленной смерти. Облучение в низких дозах действует на молекулы ДНК, вызывая их мутацию,

что может привести к злокачественным образованиям. При облучении яйцеклетки или сперматозоидов возможны дефекты потомства

При взрыве, а также в радиоактивных излучениях происходит радиоактивный распад: испускание радиации и элементарных частиц и переход нестабильных изотопов в стабильные. Если радиоактивные отходы изолированы от людей, то радиоактивный распад не опасен и его уровень постепенно падает. Скорость распада определяется следующей последовательностью: половина массы изотопа распадается за одинаковый период времени, половина оставшейся массы распадается за такой же период и т.д. Отсюда выражение - период полураспада, одинаковый всегда для определенного изотопа, который никогда не распадается полностью (100%), а уменьшает свою массу за каждый период полураспада в 2 раза, всегда оставляя какую-то нераспавшуюся долю. Считается, что после десяти периодов полураспада можно уже не опасаться радиации.

Каждый изотоп имеет определенный период полураспада - от долей секунды до тысяч лет. При расщеплении урана образуется смесь радиоактивных короткоживущих с периодом полураспада от 3 до 65 суток (стронций-89, цирконий-95, молибден-99, йод-131, рубидий-86, барий-140, цезий-131 и другие) и долгоживущих изотопов с периодом полураспада от 1 до 29 лет (рутений-106, цезий-137, криптон-85, стронций-90, прометий-147). Период полураспада плутония-239 составляет 24000 лет.

Основная часть радиации пропадает в течение нескольких месяцев или лет (короткоживущие изотопы). В целях безопасности отходов мы должны их хранить 240000 лет (10 периодов полураспада плутония). Кратковременная изоляция отходов осуществляется в глубоких заполненных водой резервуарах (вода защищает от радиации, поглощая тепло). Труднее с долговременной изоляцией, которая и представляет наибольшую опасность из-за порчи контейнеров под воздействием воды, землетрясений и т.д. Возможные аварии атомных станций - это также немаловажный фактор избыточного тепла (пример Чернобыля и других станций).

*Термоядерные реакторы*. Возможным способом получения атомной энергии является ядерный синтез, когда идет не расщеп-

ление тяжелого атома, а слияние двух мелких в более крупный атом, сопровождаемое потерей массы, которая превращается в энергию. Примером служат Солнце и другие звезды, где в их недрах идет ядерный синтез. Они состоят из водорода, и его ядра при слиянии образуют ядро гелия с выделением энергии. Водородная бомба - это аналог солнечного ядерного синтеза.

На земле водорода много (в воде по два его атома приходится на молекулу воды). Гелий - инертный нерадиоактивный газ и не загрязняет атмосферу. Научившись управлять ядерным синтезом, мы получим неисчерпаемый источник энергии в виде водорода. Но для слияния атомов водорода нужна температура до 100 млн °С и очень высокое давление (условия Солнца). Отсюда и трудности ядерного синтеза и термоядерной реакции. В водородной бомбе для запуска термоядерной реакции используется атомный взрыв, что весьма мало приемлемо для работы электростанций.

Еще одна очень непростая проблема - где держать разогретый водород? Ни одно вещество не выдерживает такой температуры - переходит в газ. Есть два направления работы по этой проблеме. 1. Установка ТОКАМАК (тороидальная камера с магнитным полем) института атомной энергии им. Курчатова в Москве удерживает ионизированный разогретый водород в магнитом поле. 2. Лазерный ядерный синтез - на кусочек замороженного водорода направлен лазерный луч, доводящий быстро водород до нужных температуры и давления, обусловливая слияние ядер. Практическое решение этой проблемы представляется достаточно отдаленным - еще 30-40 лет усиленной работы и затрат на десятки млрд долларов.

При изучении ядерного синтеза применяются изотопы водорода: дейтерий ( $^2$ H) и тритий ( $^3$ H); обычный водород ( $^1$ H) для слияния ядер требует еще более высоких температур и давления.  $^2$ H - природный изотоп, его легко выделяют из морской воды,  $^3$ H - нестабильный изотоп и получается промышленным путем бомбардировкой ядер лития (Li) нейтронами, получаемыми в процессе слияния ядер дейтерия ( $^2$ H) и трития ( $^3$ H).

Литий является относительно редким элементом и при использовании в термоядерном синтезе быстро иссякнет. К этому следует добавить, что тритий радиоактивен, опасен для людей и

есть проблемы с его хранением - при его утечке термоядерные реакторы станут источником заражения среды. Кроме того, материалы реактора высокорадиоактивные и их захоронение проблематично. Наконец, низкий КПД турбогенератора (до 20%) приведет к рассеиванию большого количества тепла.

В последние годы появилось сообщение о возможности слияния ядер водорода в условиях комнатной температуры при электролизе тяжелой воды, в молекулах которой атомы водорода (<sup>1</sup>H) замещены дейтерием (<sup>2</sup>H), с использованием палладиевых электродов - в них диффундирует часть дейтерия, где ядра сливаются и выделяют тепло.

Из приведенного краткого анализа соотношения различных источников энергии и экологии окружающей среды довольно четко вытекает необходимость ведения работ по использованию неисчерпаемых источников энергии (солнце, ветер, вода и т.д.), негативное влияние которых на природу всегда находится на уровне фонового.

## ГЛАВА 12. СТРОИТЕЛЬСТВО И ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

1. Проблемы строительства и загрязнение природы. Ежегодно во всем мире пригородные территории сельскохозяйственных земель сотнями тысяч гектар отчуждаются под строительство жилых районов, заводов, предприятий, дорог, гостиниц, автостоянок и т.д. Этот процесс по сути дела неуправляемый, и его регулирование осуществляется весьма трудно. Вместе с тем он является причиной многих экологических проблем.

Увеличение количества личных автомобилей в нашей стране, особенно с 90-х годов XX века, и строительство в этой связи гаражей, подъездных дорог и других строений также способствовало «расползанию» городов и захвату новых земель, ранее занятых в основном под производство сельскохозяйственных культур. Если к этому добавить бесхозяйственность и экологическую малограмотность государственных чиновников, меняющих экономический курс в угоду сиюминутных амбиций с целью завоевания симпатий населения, то вполне можно добраться до истоков разбазаривания ценнейших земель, которое шло и идет без сколько-нибудь продуманного обоснованного плана. Более того, даже разработка такого плана практически невозможна, поскольку в каждом регионе принимались любые решения, которые всегда обосновывались политической необходимостью нового строительства. Практически никто не отвечал за решения подобного рода. И огромные площади нередко очень ценных земель пошли под дачные участки, индивидуальные застройки, гаражи, коттеджи, рестораны, городские кварталы, дороги, мастерские и т.д. Именно такая неограниченная вакханалия с землей привела к нерациональному использованию территорий. Резкое увеличение числа машин и загородных коттеджей обусловило необходимость строительства дорог и расширение старых, а соответственно, и новое отчуждение земель.

Рост городов и поселков ведет к увеличению площадей под все стороны жизнеобеспечения населения (транспорт, энергия, коммунальные услуги и т.д.), что, в свою очередь, усиливает загрязнение окружающей среды. Строительство новых дорог ведет к увеличению пробега машин, что обусловливает повышение расхода нефтепродуктов, резко усиливающее выбросы в атмосферу различных загрязнителей. Загородные районы потребовали дополнительных затрат на проведение электричества, телефонов, обустройство канализации и т.д., что также вызвало нарушение многих наземных экосистем и разрушение почвенного покрова на значительных площадях.

Затраты энергии на загородные дома существенно увеличились (например, загородный коттедж потребляет энергии примерно в 2 раза больше, чем квартира аналогичной площади в городе), что потребовало увеличения производства энергии, передачи её на большие расстояния и, естественно, определило увеличение расхода энергоресурсов (топлива - угля, нефти, газа).

Увеличение количества выхлопных газов автомашин в связи с нарастанием их численности является важнейшим источником фотохимических окислителей, образования смога, оксидов азота, углекислого газа, приземного озона. Угольные электростанции дают диоксид серы, углекислый газ и массу взвесей, засоряющих воздух. Иными словами, строительство новых районов влечет за собою увеличение количества машин, потребление топлива и энергии, что в целом существенно загрязняет атмосферу.

Расширение стройплощадок способствует усилению поверхностного стока и резкому снижению инфильтрации воды на значительных площадях. Все это связано с уплотнением почвы или грунта, и как следствие - периодические затопления, снижение уровня грунтовых вод, высыхание водоемов в сухой период, обмеление речек, лиманов и т.д. Вместе с этим расширяется использование воды на полив огородов, дачных участков, мытье улиц, машин и другие нужды. Водоемы пригородных и дачных мест загрязняются минеральными удобрениями, пестицидами и биогенами, вымытыми из почвы.

Прокладка дорог, строительство объездных путей и другие виды построек усиливают эрозию почвы, увеличивают наносы с поверхностными водами. Кроме того, автострады являются накопителями масел, нефтепродуктов и других загрязнителей, включая тяжелые металлы. Растекание городов и поселков весьма существенно сказывается на загрязнении среды химическими веществами и на усилении эвтрофикации водоемов.

С расширением строительства, особенно частных коттеджей, весьма заметно прослеживается расслоение нашего общества. Чтобы построить свой дом, необходимо иметь большие средства. Малоимущие их иметь не могут, не смогут вести такое строительство пенсионеры, инвалиды, студенты. Загородное строительство, естественно, предопределяет наличие машины, необходимость строения гаража, подъездных путей и т.д. Иными словами, новые районы заранее разделяют общество, расслаивают его, предопределяют расселение людей в соответствии с их экономическим и социальным статусом. Новые районы осваиваются людьми самостоятельными. В богатых районах возрастают налоговые сборы, а оказываемые населению услуги расширяются и улучшаются. Этого нельзя сказать о бедных окраинах, где и налоги низкие, и еще ниже оказываемые услуги.

2. Потвери земель. Расползание городских проспектов, улиц, пригородов, дачных кооперативов и т.д. привело к очень большим потерям ценнейших плодородных площадей. Если не мы, то наши потомки будут очень сожалеть о погубленной земле, об уничтоженных миллионах гектар великолепных почв, способных прокормить миллионы и миллионы населения.

Новые застройки являются весьма мощными расхитителями лучших земель. В мире 72% суши занимают практически непригодные для ведения сельского хозяйства земли: горы, тундры, болота, пустыни, размытые эродированные территории; 18% занимает земли в засушливых, влажных или холодных районах или с сильно изрезанным рельефом; 10% занимают территории с благоприятным климатом для развития сельского хозяйства. Поскольку большие города возникли в наиболее благоприятных для производства сельскохозяйственной продукции районах, то и отчуждение земель под новые застройки идет в основном из тех 10% «благоприятных земель», которые так важны для растениеводства.

Перевод сельскохозяйственных земель под застройку можно компенсировать распашкой новых площадей. Однако самые ценные земли уже давно распаханы, и введение в сельскохозяйственное производство новых земель будет идти за счет менее плодородных участков. Это значит, что получение на них высоких урожаев возможно только в случае определенных затрат на мелиорацию (орошение, осушение, рассоление и т.д.) и внесение удобрений. К этому следует добавить возможные негативные последствия таких проектов: уничтожение природной биоты, ущерб окружающей среде через орошение или осушение, невозможность создать на таких землях экономически устойчивое сельское хозяйство.

В нашей стране самые плодородные земли - черноземы - занимают не очень высокий долевой уровень в общей земельной площади (по нашим расчетам всего 7-9%). Тем прискорбнее, что мы не ценим это богатство, а продолжаем его транжирить, как и прежде. Понятие, что на наш век земли хватит (это лозунг расхитителя, а не рачительного хозяина), совершенно противоречит реальному положению.

Основной ресурс человечества - пищевые ресурсы - является не только стратегическим сырьем, но и экономической основой любой политической системы. Хорошие продукты можно вырастить только на хорошей земле и в благоприятных природноклиматических условиях. Такими условиями обладают южные районы европейской части России. Бесспорно, что земельное богатство этих регионов должно находиться под сильным законодательным контролем государства. Ежегодно выключаются здесь из землепользования сотни тысяч гектар лучшей пахотной земли под строительство и нередко далеко не первостепенной необходимости. Черноземы формировались миллионы лет, мы же их уничтожаем мимоходом.

Расширить посевные площади за счет распашки новых земель практически невозможно. Кроме того, распашка последних нескольких клочков черноземов ведет к гибели уникальных анклавов природных экосистем и населяющих их видов растений и животных.

Южные районы страны давно перешли черту допустимого соотношения распаханных земель и естественных сообществ. Распашка новых территорий еще сильнее отягощает эту ситуацию.

Как следствие такого хозяйствования - это вымирание ряда видов растений и животных, а перспектива существования десятков других ставится под большое сомнение. В конечном счете, мы подойдем к такому порогу, за которым просто невозможно будет поддерживать устойчивое развитие создаваемых систем, и в недалеком будущем в динамике наших почв появятся элементы опустынивания (эрозия превзойдет по своей эффективности естественные процессы в десятки раз).

Внедрение высокоурожайных сортов, гибридов или видов растений в какое-то время поможет выйти из положения, но, вопервых, урожай повышать до бесконечности невозможно, а, вовторых, при снижении плодородия почв высокоурожайные сорта потеряют свой потенциал очень быстро.

Нехватка продуктов (зерна, мяса, молока) в России и многих республиках бывшего Союза сейчас проявляется очень заметно и, по всей видимости, будет усугубляться в дальнейшем. Поэтому сокращение посевных площадей, пастбищных и лесных массивов не способствует увеличение количества продуктов питания для населения страны. Если учесть, что это вопрос не только экономический, но и политический, то отвод ценных земель под застройки и сохранение таких ресурсов выходит за пределы местничества и приобретает общегосударственное значение. Перенос жилых домов в пригороды обусловил ряд очень серьезных изменений:

- 1. Увеличение потоков пассажирских перевозок в связи с удалением рабочих и служащих от места работы, что ведет к увеличению единиц автотранспорта, выбрасываемых объемов загрязняющих веществ, отчленению земельных площадей под дороги, снижению инфильтрата, увеличению поверхностного стока, сокращению биомассы организмов и т.д.
- 2. Перенос в пригороды магазинов, ресторанов, зрелищных и культурных учреждений и других строений связано с новым омертвлением земель и усилением вмешательства в водный режим района.
- 3. Перенос в пригороды контор, учреждений, производственных предприятий отягощает жизнь многим рабочим и служащим отдаленных районов, не имеющих личного транспорта и ограниченных в средствах.

3. Пути ограничения расползания строек. Мы становимся свидетелями появления безработных и одновременно массы городских проблем (ремонт канализации, ремонт и переоборудование домов и т.д.), требующих рабочих рук. Разрешение существующих городских проблем, помимо решения жилищных вопросов, будет способствовать улучшению природной среды: меньше будет неочищенных сбросов в реки и в другие водоемы, меньше будет уходить тепла в окружающую среду и т.д. Вся проблема всего лишь в финансировании. Городские власти при желании видеть свой город чистым и зеленым, безусловно, могут найти выход. Например, изменение налогов на недвижимость с учетом ее качества, места размещения, продолжительности функционирования и т.п. Кроме того, власти могут оказать помощь жителям в приобретении недвижимости, стройматериалов, в переоборудовании брошенных строений, в передаче людям за символичную плату квартир и домов, полученных городскими властями от богатых людей в дар или по каким-то другим причинам. Могут быть и другие варианты помощи городских властей населению, например, в виде заключения между ними договоров, в которых обязательно оговаривается необходимость выполнения заинтересованным лицом природоохранных мероприятий (посадки деревьев, создание лужаек и т.д.).

В южной черноземной зоне страны застройка городских и станичных кварталов должна вестись осмысленно с прогнозом на завтрашний день. Разношерстная застройка пригородов только безобразит внешний вид района, способствует усилению загрязнения среды и неразумному использованию ценнейшей земли. Например, богатые люди могут купить под строительство дома не только 0,2 га, чтобы, кроме дома, построить бассейн, баню, корты, беговую дорожку и т.д. Такие «стиляги» будут окружены «приклеенными» друг к другу домами для людей с низкими доходами. К этому еще необходимо добавить торговые предприятия и другие строения. Чтобы не сложилась такая ситуация, в каждом городе и каждой станице необходимо четкое зонирование застройки. Например, ближние к центру территории отводятся под массовую застройку, а под строительство коттеджей отводятся дальние территории (чаще всего в холмистой или изрезанной оврагами местности с природными ландшафтами и за большую цену).

Краевые (областные) и даже федеральные законодательные органы в планах своей работы в числе первой десятки обязательных вопросов должны ставить проблемы сохранения плодородия почвы. Все сельскохозяйственные земли и лесные массивы должны быть подвергнуты инвентаризации для оценки с целью их наиболее рационального использования. Например, устанавливается шкала ценностей отдельных земельных площадей, и почвы с содержанием гумуса выше 2,5% запрещается отводить под застройку и для других целей. Их основное назначение - это выращивание сельскохозяйственных культур. Такие территории объявляются государственным фондом и не подлежат купле-продаже, а передаются, скажем, в аренду для производства сельскохозяйственной продукции с обязательным периодическим контролем уровня плодородия участка. Безусловно, такие меры не приостановят расползание городов, но существенно перекроют пути разбазаривания пенных земель.

Земельные площади с горным или прибрежным ландшафтом, богатые видовым разнообразием растений и животных, представляют собою общенациональное богатство, и государство должно заботиться о его сохранении для будущих поколений. Эти земли так же, как и сельскохозяйственные, не должны включаться в рыночный список, и на их использование должны быть распространены правила заповедных территорий. Такие анклавы природы важны прежде всего для сохранения видового разнообразия растений и животных, сохранения эталонов природного ландшафта, ограничения разрастания эрозийных процессов, сохранения соотношения инфильтрация - поверхностный сток в столь хрупкой и весьма чувствительной экосистеме.

Устойчивое, экономически приемлемое развитие города (поселка) вполне возможно при сдерживании его расползания и ведении строительства в рамках старых границ. Строительство разбросанных домов - это весьма неприемлемый (затратный) способ создания жилья, обусловливающий вывод из биологических систем популяций многих организмов и разрушение значительных площадей земли, большие ресурсные затраты (строительство новых дорог, коммунально-бытовых учреждений и т.д.) и требующий от жителей почти обязательной покупки автомобиля. Например, в настоящее время осуществляется план застройки станиц и городов

с выделением 0,15-0,20 га и превращения пригородов в ряды практически однообразных частных владений.

Наоборот, комплексная застройка позволяет построить целесообразные районы, поселить большое количество людей и одновременно сохранить значительную территорию природного ландшафта. Примерно столько же жителей можно разместить, собрав все жилье в один микрорайон, а остальную площадь оставить в естественном виде (при необходимости улучшенном) для организации отдыха, разведения деревьев, кустарников, диких птиц, поддержания видового состава растений и животных, водного баланса территории и т.д. При втором варианте существенно (более чем наполовину) сокращается площадь дорожного покрытия, длина водопроводных, канализационных и других сетей.

Таким образом, микрорайонная застройка более целесообразна по сравнению со строительством отдельных участков. Это положение подтверждается очевидным и вполне доказуемым пре-имуществом варианта компактной застройки:

- 1. Цены на жилье ниже.
- 2. Сокращается число автобусов, часто остановок, а значит, уменьшается и масса загрязняющих выбросов.
- 3. Сокращаются расходы на отопление, и в связи с этим меньше загрязняется среда обитания.
- 4. Сокращаются вдвое и больше потери земли, и сохраняется значительная часть биохимических связей существующих экосистем.
- 5. Сокращаются расходы на перевозку продуктов, отходов, что ведет также к снижению загрязнения среды.
- 6. Поддерживается высокое отношение инфильтрации к поверхностному стоку дождевых осадков, и снижается загрязнение водоемов и грунтовых вод.

Из вышеизложенного следует, что при освоении под строительство новых территорий необходимо выбирать оптимальный вариант с учетом его природоохранных возможностей.

Чистота стройматериалов в производстве жилого фонда. Под экологической чистотой строительных материалов понимается возможность обеспечить при определенных регламентах строительства благополучное проживание человека, при котором не ухудшается его здоровье и не оказывается отрицательного воздей-

ствия на состояние ландшафтов, это определяется содержанием в стройматериалах и строительных изделиях любых вредных веществ, включая токсичные, микробиологическим загрязнением, радиоактивностью (Тетиор, 1991; Лукутцова, 2000). Под токсичностью стройматериалов понимается наличие в них химических веществ, характеризующихся сильным негативным воздействием и вызывающих нарушения функционирования экологических систем вплоть до гибели живых организмов, включая и человека. Экологическая опасность стройматериалов оценивается на основе сравнения выделяющихся токсических элементов и соединений с принятым уровнем ПДК и учетом класса их опасности, состава и количества.

Серьезным источником экологической опасности в жилых домах являются полимеры, используемые в строительстве и представляющие собой высокомолекулярные соединения, получаемые путем определенных технологических процессов из природного и попутного газа при добыче нефти, а также каменноугольный деготь, образующийся при коксовании углей. Широкое использование полимеров в строительстве началось во второй половине 20-го века практически во всех процессах строительства жилых и производственных помещений (отделка стен, покрытие полов, звукоизоляция, окна, двери и т.д.).

Так, при строительстве жилых домов в г. Краснодаре (районы аграрного университета и Юбилейный) фирма стремилась использовать минимальное количество полимерных материалов, таких как ПВХ (линолеум — поливинилхлоридные материалы), для покрытия пола в коридорах и вспомогательных помещениях. Весьма опасными токсическими соединениями являются изоцианаты, включая полиуретановую пену (уплотнитель); они весьма удобны в работе, но являются далеко не безопасными для будущего жилища: способствуют возникновению астмы, аллергии, их выделения усиливаются при нагревании солнечными лучами или теплом отопительных батарей.

Опасным загрязнителем является кадмий, содержащийся в лакокрасящих материалах, в напольных покрытиях и пластиковых трубах. При попадании в организм человека кадмий вызывает изменение скелета, сильно влияет на почки, способствует малокро-

вию. Некоторые полимерные материалы могут быть источником выделения таких опасных веществ, как ксилол, бензол и т.д.

Полимерные строительные материалы накапливают на своей поверхности заряды статического электричества и представляют угрозу при своей утилизации. Огонь, как средство их ликвидации, использовать нельзя, поскольку при горении пенопластов образуется яд фосген и ряд других опасных продуктов. В работе используются только те полимерные материалы, для которых установлены однозначно как нетоксичные. Весьма сильно ограничивается использование малотоксичных полимеров при отделке подсобных помещений.

Весьма опасным строительным материалом считается сегодня асбоцемент, в составе которого хризотил-асбест занимает 10-15, а цемент - 85-90%. Хризотил-асбест представляет собой тонковолокнистый материал с прочными волокнами длиной от 2 до 150 мм, термостоек (выдерживает температуру 650°С), волокна высокопрочны на разрыв, эластичны, устойчивы к щелочам. Основные изделия из асбеста, которые стараются использовать при строительстве, — это асбоцементные трубы, вентиляционные короба, плиты и т.д. Асбоцементные трубы заменяют стальные, они дешевле, не боятся коррозии и весьма долговечны.

В последние годы производство асбеста сократилось в связи с антиасбестовой компанией за рубежом и внутри страны. Это связано с тем, что при вдыхании с воздухом асбестовой пыли развиваются такие болезни, как асбестоз, бронхогенный рак, бронхит. Развитие этих болезней чаще всего связано с несоблюдением техники безопасности работниками на этапе добычи и первичной обработки асбеста. При качественной работе и соблюдении технологических требований распространение асбестовых волокон незначительное и их вредоносность невысокая. Асбест характеризуется таким комплексом технических свойств, включая и отсутствие биологической агрессивности, каким не обладают никакие другие строительные материалы. Тем не менее, в работе асбестные материалы применяются в весьма ограниченном количестве и главным образом в закрытых частях строительства (короба, канализационные трубы и т.д.).

Радиоактивность строительных материалов тоже является важным экологическим фактором, на который обращается большое

внимание, и не только потому, что требования радиационной оценки строительных материалов введены в стандарт. Гамма-излучение внутри помещений определяется, прежде всего, радио-активностью строительных материалов. Доза облучения от строительных материалов и конструкций может доходить до 60%, а внешнее (космическое) гамма-излучение - до 45%.

При добыче строительного материала в нем встречаются такие радионуклиды, как уран-238, торий-232 и калий-40. По геохимическим характеристикам и периоду полураспада уран-238 подразделяется на урановую и радиевую (от радия-226 до свинца-206) группы. Продуктом распада радия-226 является радон-222. Повышенное содержание радионуклидов (урана, тория и калия в природе) характерно для калийных солей, калиевых и полевых шпатов, минералов глин, монмориллонита (бентанит), кауленита и др. Радиоактивность горных отложений связана с их составом, происхождением, залеганием и т.д. Относительно высокой радиоактивностью характеризуются магматические породы кислотного и щелочного состава (гранит, кварцевый диорит и т.д.) и наименьшей основные и ультраосновные породы (перидотит, габбро и др.). Высокой радиоактивностью отличаются осадочные глины; морские глубоководные глинистые осадки наиболее радиоактивные по сравнению с континентальными.

При строительстве используютсям только природные материалы континентального происхождения, поскольку их радиоактивность находится на уровне природного фона. Оценка состояния уровня радиоактивности стройматериалов в работе проходит по всей цепи — от добычи стройматериала в природных объектах (предгорья, прирусловые склоны и т.д.) до производства строительных изделий. Считается, что наиболее радиоактивным является керамзитовый гравий, который, по мнению специалистов, представляет угрозу для здоровья человека. Поэтому его использование при производстве строительных материалов для строительства домов сильно ограничивается.

Определенную опасность для здоровья человека создают выделения радона из ряда строительных материалов. Радон представляет опасность из-за распада дочерних продуктов. Он накапливается в порах ограждающих конструкций. Скорость выделения радона из строительных материалов определяет его концентрацию внутри помещения. Объемная радиоактивность помещения не должна превышать  $100~\rm K/m^3$ . Если же гаммафон по радону превышает  $100~\rm K/m^3$ , использование помещений обычно меняется. Величина радонового потока с единицы поверхности строительных материалов определяется удельной эффективной активностью радия-226, микроструктурными особенностями строительных материалов и т.д. Нет сомнения, что на концентрацию радона и других природных радионуклидов влияет исходное сырье при производстве строительных материалов и технология их изготовления.

Еще на стадии проектирования предъявляются конкретные требования к радиационному качеству стройматериалов и в сметную стоимость закладываем стоимость стройматериалов с низкой удельной эффективностью естественных радионуклидов и из таких мест добычи, которые характеризуются очень низким природным фоном. Фирмы организуют контроль за содержанием радионуклидов в сырье и материалах и в воздухе рабочих помещений по всей технологической цепи от исходного материала до выхода готовой продукции и сдачи жилых зданий в эксплуатацию.

Биологические повреждения строительных материалов также влияют на их чистоту. Экологическое ухудшение состояния жилых помещений вызывает расселение по поверхности полимерных материалов бактерий, грибков, мхов и других элементов микрофлоры, потому что некоторые из пластмасс оказывают на них стимулирующее воздействие. Известны в литературе случаи сохранности возбудителей дифтерии до 5 месяцев, тифа и дизентерии свыше 4 месяцев и т.д. Мы в процессе внутренней отделки помещений создаем полы на основе поливинилацетатной эмульсии, обладающей бактерицидными свойствами.

Строительные материалы в некоторых условиях способствуют росту, в основном на своей поверхности, различных представителей биоты и особенно микроорганизмов. Биологические повреждения повышают уровень опасности стройматериалов, снижают их качество, наносят существенный экологический и экономический ущерб. Воздействию бактерий, микроскопических грибов, водорослей, насекомых и грызунов подвергаются как строительные материалы, так и конструкции из них. Многие вышеназванные организмы разрушают не только древесные, но и полимерные и другие материалы и изделия. Особенно активны в этом

отношении термиты. Вызывают коррозию и другие повреждения высшие растения, водоросли, лишайники, морские беспозвоночные.

Самыми активными биовредителями строительных материалов являются бактерии, грибы, актиномицеты и другие микроорганизмы. Влажность, нарушение водообмена и другие экологические условия способствуют активному развитию микроорганизмов, как в строительных материалах, так и в конструкциях. Повреждения проявляются в виде грибковых налетов на поверхности окрашенных отштукатуренных стен, на бетонной поверхности, её обесцвечивания и т.д.

На наружных стенах зданий развиваются лишайники, микроводоросли и другие фотосинтетики и некоторые виды бактерий и грибов, а внутри помещений под синтетическими обоями на клеевой шпаклевке стен развиваются плесневые грибы. Загрязненность стен способствует их обрастанию грибками в связи с наличием пищевых продуктов. Биологические повреждения не только снижают качество внешнего вида, но нарушают и механические свойства материалов, ухудшают микроклимат помещений. Многие бактерии вызывают биокоррозию металлов, древесины, полимеров. В процессе метаболизма микроорганизмов на поверхности стройматериалов образуются органические и неорганические кислоты, сероводород и другие вещества, что обусловливает электрохимические реакции, под воздействием которых стройматериал деградирует, а впоследствии и разрушается.

Выделяют анаэробную (без доступа воздуха) и аэробную (при наличии кислорода) биокоррозии. Коррозию подземных сооружений в аэробных условиях вызывают тионовые бактерии. Железобактерии способствуют разрушению стальных дренажных труб через разрастание микробных клеток и образование оксида железа. Автотрофные бактерии являются основным разрушителем минеральных материалов, от отдельных элементов которых они получают нужную им энергию: при окислении и восстановлении серы, азота, железа, различных органических кислот.

Для химической защиты от биоповреждений на этапе разработки проекта закладываются в смету добавление в ряд строительных материалов биоцидов — веществ, которые защищают их от биодеструкторов: пиросульфат натрия, фосфорная, азотная, серная и другие кислоты, эпоксидная смола и т.д. Стройматериалам придаются фунгицидные свойства, и одновременно повышаются их водо- и морозостойкость. Уделяется большое внимание разработке природных безвредных средств защиты, не оказывающих токсикологических последствий по отношению к сообществам растений и животных.

Одним из способов повышения чистоты строительных материалов является включение в технологию строительства новых видов экологически безопасных строительных материалов. К этой группе стройматериалов относится ячеистый бетон, представляющий собой искусственный каменный материал из затвердевшей смеси кремнеземистых компонентов и равномерно распределенных пор; ячеистую структуру бетону придают мелкие воздушные ячейки, возникающие при вспучивании смеси, а используемое природное сырье не содержит радиоактивных и канцерогенных веществ. Внедряется пеноизол — теплоизоляционный материал с очень низким уровнем выделения токсичного формальдегида, он долговечен и не имеет биоповреждений. Постепенно расширяется использование гипсоволокнистого листа — отделочного материала на основе гипса. В последние годы активно внедряется лицевой керамический кирпич, отличающийся низким радиационным фоном (до 100 Бк/кг), и натуральный линолеум, основным компонентом которого является льняное масло, получаемое из семян масличного льна.

Находят применение также стружечные плиты, получаемые из крупнозернистой ориентированной стружки американской технологии, весьма легкие в обработке, прочные, влагостойкие, а также пенополистирол — жесткий вспененный пенопласт, включающий 2% полистирола и 90% воздуха и используемый в качестве среднего слоя строительных конструкций (не впитывает влагу, не дает усадку и стоек к биологическим повреждениям). В последние годы внедряется древесно-полимерные материалы, получаемые из отходов растительного происхождения (стружка, древесные опилки), биологически стойкие, высокопрочные. Производство и применение указанных новых материалов по мере снижения их стоимости постепенно расширяются в строительстве.

Загрязнение почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Любое строительство сопряжено с высокой концентрацией

технических средств на небольшой территории, что повышает массу выхлопных газов, которые являются серьезным источником фотохимических окислителей, оксидов азота, углекислого газа, приземного озона. В местах строительства скапливается также много мусора (оберточная бумага, промасленная ветошь, древесные отходы, а нередко и слив отработанных масел и др.), который часто сжигается, что приводит к образованию углекислого газа, массы взвесей, попаданию тяжелых металлов в воздух и на почву и т.д. Другими словами, строительство по своей природе является концентрированной формой использования машин, топлива, энергии, а в период выполнения отдельных технических процессов засоряет как атмосферу, так и почвы окружающих стройку ландшафтов. Все строительные работы связаны с уплотнением почвы, а часто и грунта при их загрязнении нефтепродуктами, тяжелыми металлами и т.д. (Белюченко, 1998).

В своей работе мы задались целью изучить влияние строительства на загрязненность почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами в местах строительства жилых домов в различных местах города Краснодара, а также общежитий и преподавательского городка в районе Кубанского государственного аграрного университета.

Анализируя данные по 7-подвижным и 8-валовым формам тяжелых металлов, можно отметить, что концентрация отдельных элементов в различных точках города вокруг построек заметно варьирует. Относительно меньше загрязнены тяжелыми металлами, как подвижной, так и валовой формами, почвы вокруг построенных общежитий, а также в преподавательском городке университета. Относительно большой концентрацией тяжелых металлов характеризуются почвы в местах постройки 18- и 19-го общежитий по общему цинку (около 90 мг/кг почвы), а также в районе преподавательских домов, где загрязненность этим элементом составила 89 мг/кг почвы.

Сравнительно высокое содержание общей меди отмечено в почвах вокруг общежитий №№ 17 и 20, где концентрация колеблется от 84 до 88 мг/кг. Относительно выровнены средние концентрации общего никеля в пределах 54-56 мг/кг и хрома - от 110 до 112 мг/кг. Повышенным содержанием кобальта отличаются почвы в местах строительства общежитий №№ 17, 18 и 19, где уровень

Причины, обусловившие повышенное содержание свинца, очевидно, связаны с концентрацией машин, выхлопные газы которых длительное время загрязняли данные территории. Заметное повышение количества подвижного цинка, по всей видимости, связано с выращиванием вокруг здания цветов и их обработкой от болезней препаратами, содержащими этот элемент.

Несколько иная картина по содержанию как подвижных, так и валовых форм цинка, отмечена вокруг построенных домов на городских территориях. На улицах Южной и Кирова содержание подвижного цинка превышает 40 мг/кг почвы, а валовое в ряде проб доходит до 200 мг/кг и больше. Во всех остальных местах городских территорий концентрации подвижного цинка в почвах превышают 10 и даже 20 мг/кг почвы. Повышенное содержание свинца характерно для почв по улицам Рождественская Набережная, Красных Партизан, Южная и Кирова, где его показатели колеблются от 30 до 130 мг/кг.

Высокое содержание подвижного кобальта отмечено в почвах вокруг построенных домов по ул. Рождественская Набережная и ул. Думенко, а меди и никеля - на всех территориях, на которых производился отбор проб.

Обращает на себя внимание сравнительно высокий уровень валовых форм всех тяжелых металлов по всем формам в городских условиях. Немало образцов почв, в которых содержание общего цинка превышает 100 мг/кг, что свойственно почвам вокруг строений по улицам Думенко, Рождественская Набережная, Красных партизан и Кирова. Высоким содержанием свинца выделяются почвы по улицам Кирова, Южной и Красных Партизан. Почвы вокруг домов по улицам Думенко, Рождественская Набережная и Красных Партизан отличаются также повышенным накоплением общего кобальта и никеля, а также хрома.

Определенный интерес представляют результаты оценки загрязнения почв вокруг построенных домов нефтепродуктами. Са-

мой высокой загрязненностью характеризуются почвы вокруг построенного дома на ул. Красных Партизан, где средний показатель нефтяного загрязнения составил свыше 1000 мг/кг, а в отдельных пробах - свыше 2000 мг/кг. В районе построенных домов по улицам Южной, Рождественской Набережной и Кирова отмечено содержание нефтепродуктов до 1000 мг/кг почвы. Низким загрязнением нефтепродуктами характеризуются почвы вокруг построенных общежитий и преподавательских домов в районе Кубанского госагроуниверситета. Столь большая разница в загрязнении нефтепродуктами земельных территорий вокруг построенных домов в городе и на территории КубГАУ, а также в концентрациях тяжелых металлов, как валовых так и подвижных форм, можно объяснить следующими причинами:

- 1) общежития были построены в последние годы, и при строительстве были выдержаны основные экологические требования к работе строительной техники;
- 2) была полностью выдержана технология по подготовке отведенной территории под строительство: своевременно снят почвенный слой и размещен на определенном удалении от места строительства, а снятый грунт был размещен в противоположной стороне от строительства, что позволило избежать перемешивания почвы и грунта при рекультивации территории после строительства;
- 3) весь строительный мусор, включая ветошь, отработанные масла, древесную стружку, бумагу и т.д. вывозили в соответствующие организации, которые имеют право на их хранение и переработку и с которыми заключен договор.

  Кроме того, в местах постройки общежитий и преподава-

Кроме того, в местах постройки общежитий и преподавательских домов нет интенсивного движения транспортных средств, не производятся никакие другие технические работы, кроме мелкого ремонта, и потому загрязнение почв как тяжелыми металлами, так и нефепродуктами минимально по сравнению с объектами, которые размещены по улицам Красных Партизан, Южной, Кирова, где интенсивность движения автотранспорта весьма высокая и выбросы газов способствуют повышению концентрации нефтепродуктов, а также тяжелых металлов в почвах, окружающих построенные там дома.

Радиоактивность стройматериалов и микробиологическое загрязнение воздуха помещений жилого дома. Строительство, как отрасль производства, нуждается в больших количествах различного сырья, строительных материалов и т.д. и оказывает заметное влияние на окружающую среду. В построенных и эксплуатируемых домах создается свой микроклимат с учетом существенного изменения абиотических факторов и загрязненности стройматериалов. В этом разделе анализируются поэтапно конкретные показатели радиологического загрязнения и микробного состава воздуха построенного жилого дома в Прикубанском округе города Краснодара.

Выполненные нами оценки экспозиционной дозы радиации показали, что в целом разброс её содержания по точкам замера незначителен (табл. 17).

Место измерения	Значения мощности экспозиционной дозы (показания ДРГ-01Т1), мкР/ч						Среднее зна- чение, мкР/ч	
Стройплощадка	11	12	8	14	13	11	9	11,1
Подвал	6	10	11	9	-	-	-	9,0
Этажи: 1	7	9	10	12	14	-	-	10,4
2	7	10	9	11	13	15	-	10,4
4	10	14	10	16	13	-	•	12,6
6	13	15	8	12	9	10	11	11,1
8	11	10	11	13	12	10	15	11,7
10	10	7	15	12	8	11	-	10,5
12	15	12	13	10	8	14	7	11,3

Таблица 17. Значения мощности экспозиционной дозы

Для территории стройплощадки среднее значение мощности экспозиционной дозы составило 11,1 мкР/ч (0,097 мкЗв/ч), а для здания в целом – 11 мкР/ч (0,096 мкЗв/ч), т.е. мощности доз на открытой местности и в здании примерно равны (в пределах погрешности измерения). В СП 2.6.1.799-99 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности-99» (ОСПОРБ-99) указан контрольный уровень мощности экспозиционной дозы (гамма-фона) местности в 0.3 мкГр/ч (34.5 мкР/ч).

Согласно СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности-99» (НРБ-99), при проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения мощность эффективной дозы гаммаизлучения не должна превышать мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч (23 мкР/ч). Из вышеизложенного можно сделать вывод о непревышении экспозиционной дозы на территории строительства и здания нормативных требований.

Для определения удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах было отобрано 6 проб бетона, который является основным строительным материалом данного здания. Анализ проб осуществлялся на универсальном спектрометрическом комплексе «Гамма-Плюс». Согласно НРБ-99, эффективная удельная активность ( $A_{\rm эфф}$ ) природных радионуклидов в строительных материалах, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс), не должна превышать:  $A_{\rm эфф} = A_{\rm Ra} + 1,3A_{\rm Th} + 0,09A_{\rm K} \le 370~{\rm Бк/кг}$ , где  $A_{\rm Ra}$  и  $A_{\rm Th} - {\rm удельные}$  активности  $^{226}{\rm Ra}$  и  $^{232}{\rm Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов,  $A_{\rm K} - {\rm удельная}$  активность K-40 (Бк/кг). Удельная активность природных радионуклидов в исследованных стройматериалах заметно варьирует по K-40 и Th  $^{232}$  (табл. 18).

Таблица 18. Удельные активности природных радионуклидов в стройматериалах

Пробы бетона	Ак, Бк/кг	$A_{Ra}$ , Бк/кг	A <sub>Th</sub> , Бк/кг	А <sub>эфф</sub> , Бк/кг
1	380,1	11,38	17,62	57,7
2	268,9	9,052	10,77	56,254
3	305,6	12,5	15,6	60,684
4	291,4	10,63	11,3	51,546
5	357,8	12,1	11,2	58,862
6	304,7	11,2	16,95	60,658

Из полученных данных видно, что изученные стройматериалы полностью соответствуют требованиям радиационной безопасности, предъявляемым НРБ-99.

Плотность потока радона (эксгаляция) с поверхности земли является одним из наиболее важных радиационно-опасных факторов, а на данном этапе строительства — наиболее объективным по-

казателем, характеризующим воздействие радона на население. Измерение плотности потока производилось нами с использованием комплекта оборудования на основе активированного угля для комплексного мониторинга радона в производственных условиях, жилищах и окружающей среде (НТЦ «Нитон») и универсального спектрометрического комплекса «Гамма-Плюс». Согласно ОС-ПОРБ-99, под строительство жилых домов и зданий социальнобытового назначения предпочтительны участки с плотностью потока радона с поверхности грунта не более 80 мБк/(м² · c); если плотность потока радона выше, то в проекте здания должна быть предусмотрена система защиты от радона. Измеренная плотность потока радона составила 41,6 мБк/(м² · c), что почти в 2 раза меньше контрольного значения, т.е. при строительстве жилых зданий на данной территории не требуется системы защиты от радона.

Таким образом, проведённые исследования позволяют сделать вывод, что радиационная обстановка на контролируемом объекте (многоквартирный жилой дом) полностью соответствует требованиям НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

Оценка микробиологической характеристики воздуха жилых помещений показывает, что наибольшей обсемененностью отличается воздух первого этажа (табл. 19). Такая ситуация, вероятно, обусловлена наибольшей концентрацией людей на этой площади, что определяет относительно высокую запыленность помещения, наибольшее движение воздушных масс и, как следствие, наибольшее количество микроорганизмов, осевших на поверхность плотной питательной среды чашек Петри в период проведения исследований.

Незначительное содержание микроорганизмов в воздухе верхних этажей жилого дома связано с тем, что он был возведен недавно и основательно и отличается хорошим воздухообменом и невысокой запыленностью.

В целом общее содержание микроорганизмов в воздухе первого этажа на данном этапе строительства можно оценить как высокое. Особое опасение вызывает существенная концентрация в воздухе микроскопических грибов, являющихся источниками возникновения микозов у человека и животных, способных при благоприятных условиях (высоких уровнях влажности и температуры) успешно существовать и достаточно быстро размножаться. Чис-

ленность микроорганизмов в воздухе подвального помещения и двенадцатого этажа относительно невысокая и не представляет опасности для нормальной жизнедеятельности жильцов дома. Результаты микробиологических исследований указывают на необходимость оценки степени обсемененности воздуха жилых помещений перед их сдачей в эксплуатацию, а также после заметных природных напряжений: высокая влажность и температура, высокая запыленность и т.д.

Таблица 19. Содержание клеток микроорганизмов (шт./м³) в воздухе жилых помещений жилого дома

05	Содержание клеток микроорганизмов				
Обследованный этаж	бактерии	микроскопические грибы			
2	1573	2147			
3	1348	1954			
4	1157	1418			
6	749	958			
8	252	214			
10	99	117			
12	28	42			

Проведенная оценка экологического состояния жилых помещений на их радиологическую и микробиологическую загрязненность указывает на необходимость периодического проведения таких мероприятий с целью контроля и для выработки квалифицированных предложений по поддержанию таких сооружений в надлежащей чистоте.

В заключение необходимо подчеркнуть, что проблемы строительства затрагивают прямо и косвенно экологические проблемы района и страны в целом. При решении социальных вопросов городов и станиц через строительство ни в коем случае нельзя игнорировать вопросы экологии. В противном случае, в недалеком будущем это может послужить причиной обострения не только природоохранных, но и социальных проблем.

## ГЛАВА 13. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Общие проблемы сельского хозяйства. Непосредственное вторжение в природные комплексы и их разрушение на огромной территории суши осуществляет именно сельскохозяйственное производство. Продолжительность вмешательства человека в природу исчисляется десятью тысячами лет - со времени начала развития земледелия.

Основным богатством человечества в природном комплексе является почва, которая кормит весь мир. На ней растут десятки тысяч съедобных растений, хотя основу рациона человека составляют всего около 30 сельскохозяйственных культур, из которых четыре (пшеница, рис, кукуруза, картофель) формируют больше потребляемой продукции, чем все остальные.

В настоящее время в мире распространены две системы сельскохозяйственного производства: индустриальная и мелкотоварная. Первая ориентируется на получение высоких урожаев монокультур с широким применением техники и химии; вторая базируется на труде людей, тяглового скота и минимального использования техники. Если первая ориентируется на рынок, то вторая в основном для удовлетворения собственных нужд производителя. Во второй системе выделяется три типа ведения хозяйства: 1 - переложная система земледелия (обрабатываются небольшие участки земли), 2 - интенсивное земледелие на небольших участках земли, 3 - кочевое скотоводство.

Индустриальная система сельского хозяйства предусматривает в основном выращивание растений по типу монокультуры или выращивание одной породы скота. В мелкотоварном хозяйстве нередко на одном участке выращивается нескольких культур, что

снижает по сравнению с монокультурой потери части урожая из-за вредителей и болезней, засухи и переувлажнения и т.д. В мелких хозяйствах практикуются следующие типы посевов сельскохозяйственных культур:

- многовариантные (посев нескольких сортов одной культуры);
- многокультурные (высаживаются или высеваются много видов, созревающих в разное время);
- совмещенные (одновременно высаживаются или высеваются две и более культур);
- совместные посадки (между деревьями высеваются или высаживаются различные культуры).

В настоящее время во многих странах мира усугубляются проблемы с производством продовольствия. Производство продуктов на душу населения за последние 40 лет сократилось в более чем 20% стран и прежде всего в Африке (22 страны). Китай производит 35% мирового продовольствия. Производство продовольствия падает в Африке с 1967 года, а в Латинской Америке - с 1982 г. Особенно резко снизились показатели производства продовольствия на душу населения за последние десять лет (почти на 15%), что объясняется ростом населения, нерациональным использованием природных ресурсов (вода, почва) и общирной засухой в 1987-1988 гг., а на юге Африки - в 1980-1986 гг.

Две системы хозяйствования обусловливают и два подхода к использованию земли и воды, сохранению генетического разнообразия организмов. Остановимся на основных последствиях этих подходов в ведении земледелия.

Индустриальная форма ведения хозяйства способствует развитию эрозии почв и потере ими плодородия, поскольку ограниченно применяются органические удобрения и весьма интенсивно минеральные, ускоряющие минерализацию почвы. Интенсивное орошение ускоряет плоскостную и струйчатую эрозии, засоление и заболачивание почв. Монокультура и частые обработки, широкое применение химии (удобрений и биоцидов) - это те основные причины, которые ведут к сокращению численности и разнообразия микроорганизмов (без них невозможно восстановление плодородия почвы), уплотнению почвы техникой, усилению минерализа-

ции и развитию эрозионных процессов. Монокультуры, особенно однолетники и пропашные культуры, чрезвычайно усиливают эрозионные процессы (в первую очередь выветривание) и способствуют загрязнению воздуха пылью, пестицидами, удобрениями и т.д.

Монокультура резко сокращает инфильтрацию воды и усиливает поверхностный сток, загрязняя озера, речки, реки, лиманы различными пестицидами, биогенами, тяжелыми металлами, вызывая смену водных экосистем и гибель ценных рыб. Грунтовые воды загрязняются при просачивании в нижние горизонты дождевой водой с растворенными в ней ядохимикатами, удобрениями, нитратами. Спуск навозной жижи ферм и фильтрата навоза при его нерациональном хранении насыщает водоемы питательными веществами и прежде всего азотом, способствуя развитию фитопланктона и ускоряя гибель бентоса.

Распашка склоновых и пойменных земель, вырубка лесов, особенно горных, ускоряют эрозию почвы, усиливают наносы и заиливание водоемов. Высокая степень распашки и монокультура обусловливают сокращение разнообразия видового состава растений и животных. Осушение болот, уничтожение степей, лугов, пастбищ и лесов в связи с перевыпасом ведут к сокращению среды обитания диких животных и обостряют угрозу их вымирания.

Загрязнение поверхностных вод повсеместно приводит к сокращению популяций промысловых рыб и снижению запасов питьевой воды. Широкое применение ядохимикатов и удобрений является причиной загрязнения продуктов питания и атмосферы нитратами, ядохимикатами, тяжелыми металлами.

Безусловно, мелкотоварное хозяйство также причастно к разрушению природных систем, что проявляется в следующих аспектах. Обработка склонов, особенно без террасирования, ежегодная распашка почвы, особенно без предоставления «отхода» (отсутствие паров, зеленых удобрений, многолетних плотных посевов и т.д.), применение орошения обусловливают интенсивную эрозию почвы и быструю потерю ею плодородия. Перевыпас пастбищ, особенно малопродуктивных, и распашка бедных маломощных почв усиливают эрозию и развитие опустынивания, загрязнение воздуха пылью, заиливание лиманов, рек и т.д. Распашка практи-

чески всей площади хозяйства уничтожает среду обитания диких животных, обусловливает потерю многих представителей флоры и фауны. Столь активная эксплуатация земельной территории способствует интенсивной потере плодородия почвы и резкому снижению урожаев.

В области животноводства в связи с небольшим поголовьем осложняются проблемы с ликвидацией их отходов, а также продуктов жизнедеятельности человека, в результате чего следует как правило, их сброс в ближайшие водные источники, оросительные каналы, на пастбища, что ведет к заметному загрязнению среды обитания.

2. Возможности повышения интенсивности сельского хозяйства. Из проведенного сравнительного анализа двух систем хозяйствования и их отношений с окружающей средой следует, что сельскохозяйственное производство в любой форме - далеко не безобидная для природы отрасль. Влияя практически на все стороны функционирования природы, сельское хозяйство существенно отягощает ее существование и ведет к загрязнению природы самыми разнообразными веществами (пыль, взвеси, ядохимикаты, нитраты, тяжелые металлы, биогены, микроорганизмы), причем страдают практически все основные природные блоки - вода, почва, воздух. Именно эти обстоятельства обусловливают существенное изменение ряда факторов среды - абиотических и биотических. Почвы сельскохозяйственных культур в сравнении с природными системами в результате многолетних обработок выделяются (и во много раз) пониженной скоростью инфильтрации воды и более высоким поверхностным стоком, более высокой скоростью эрозии, более интенсивным выщелачиванием, более быстрым выносом минералов и более высокой температурой.

Все отмеченные негативные изменения распахиваемых почв проявляются прежде всего в силу заметного снижения в них содержания органических веществ, уменьшения их водоудерживающей способности и фиксации азота и других биогенов.

Среди биотических факторов при сравнении природных и распаханных территорий прежде всего следует обратить внимание на разнообразие растений и животных, их видовой и популяционный состав. Возделываемые почвы выделяются значительным

обеднением биологического богатства организмов по сравнению с природным комплексом. Обрабатываемые площади и их агросистемы значительно беднее разнообразием видов, а способность последних к репродукции и восстановлению не входит ни в какое сравнение с природной системой.

В любом случае, земледелие всегда будет отягощать окружающую среду через постоянное вмешательство в ее функционирование через нарушение ритма развития, динамику отдельных процессов, происходящих в наземных и водных системах и т.д. Если к этому еще добавить факт чрезвычайно большой доли сельскохозяйственного производства в формировании бытовых и промышленных стоков, бытовых и промышленных отходов (доля тех и других колеблется в разных районах от 30 до 45%), то станет еще очевиднее роль и отрицательное значение сельскохозяйственного производства в нарушении природного баланса окружающей среды. Единственно, что облегчает ситуацию с отходами, это возможность их почти полной рециклизации. Тем не менее, мы никуда не уйдем от земледелия (необходимо кормить людей здоровой пищей) и не переселимся на другие планеты, чтобы уйти от тех бед, которые сами же породили.

Существует ли возможность, если не убрать полностью все отрицательное в сельскохозяйственном производстве, то хотя бы ослабить негодование по поводу нашего бездушного отношения к природе? Такие приемы разработаны, и в некоторых странах отдельными культурными грамотными земледельцами уже реализуются в жизни. К смягчающим недовольство природы мероприятиям следует отнести почвозащитное земледелие (применяются различные методы снижения эрозии почв, сокращения выноса питательных веществ, минерализации органического вещества и т.д.), контурную и полосную вспашки, террасирование, создание ветрозащитных насаждений, укрепление оврагов, уход за почвой и восстановление ее плодородия (применение органических удобрений животного и растительного происхождения), разработка системы севооборота, строгий контроль за землепользованием, а также за использованием поверхностных и грунтовых вод.

Особое внимание следует обратить на использование для компостирования минеральных (фосфогипс при производстве

фосфорных удобрений, субстрат калия при производстве калийных удобрений и др.) и органических отходов (отходы животноводства, осадки сточных вод, опад леса, отходы при производстве сахарной свеклы, винограда, фруктов, горошка, кукурузы и некоторые другие), позволяющих приготовить органоминеральные смеси, которые существенно обогатят почву органическими веществами и значительно пополнят её запасы микро- и макроэлементами. Отходы различных производств заметно улучшают валовый состав почвы, создадут наиболее благоприятную ситуацию для обеспечения её стойкими к разрушению органическими и минеральными коллоидами, её обогащению питательными элементами, поддержат агрегатный и физический состав (соотношение глины, пыли, песка).

К изложенному выше комплексу мероприятий следует добавить также рациональное удобрение и орошение и борьбу с засолением и заболачиванием. Все указанные мероприятия не дадут сколько-нибудь весомых результатов, если мы сохраним прежний монокультурный подход в земледелии. Переход на многокультурные и совмещенные посевы (еще лучше - на многолетние уплотненные) на фоне ранее перечисленных мероприятий, безусловно, будут способствовать значительному сближению интересов природы и человека.

#### ГЛАВА 14. ЭКОНОМИКА БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ

1. Общие проблемы экономики борьбы с загрязнителями. Знакомство с основными источниками загрязнения природы и загрязняющими веществами показывает серьезность проблемы и необходимость высокого уровня знаний, по крайней мере для приостановки нарастания риска, по всем важнейшим направлениям. Незначительные успехи в этом плане во многих районах определяются отсутствием Программ, а также экономическими проблемами. Для осуществления Планов очищения биосферы еще мало разработок стратегии борьбы с загрязнениями. Нередко (правильнее почти всегда) сталкиваются экологические и экономические интересы, тормозя решение многих природоохранных проблем. В этом разделе делается попытка хотя бы тезисно изложить проблему экономических интересов в области охраны природы.

При разработке проекта всегда подсчитывают предполагаемые затраты и прибыли. В случае больших затрат прорабатывают новые варианты решения проблемы. Борьба с загрязнением включает расходы на организацию его мониторинга (контроля), на обустройство очистных сооружений, их монтаж и уход за ними. Сюда включаются расходы, вызванные запрещением производства вредной продукции, поскольку люди теряют работу, требуется новая технология, замена оборудования, переподготовка специалистов и т.л.

В основном борьба с загрязнением требует дополнительных и немалых затрат. Нередко они линейно возрастают при повышении степени очистки. Некоторое сокращение загрязнения достигается большими затратами; дальнейшее сокращение требует неадекватного увеличения затрат; полного удаления загрязнителей добиться практически невозможно - просто нужны или новые технологии, или другие производства, что и то, и другое стоит весьма

дорого. Однако прибыль не следует оценивать только в сиюминутных доходах. К прибыли следует добавить следующие косвенные затраты, которые трудно подсчитать в деньгах.

- 1. Улучшение здоровья людей (сокращение заболеваний и случаев потери работоспособности, обусловливаемых загрязнением, повышение производительности труда, увеличение продолжительности жизни, рождение здоровых детей и т.д.).
- 2. Повышение качества пищевой продукции (повышение продуктивности, нарастание биомассы, снижение убытков от загрязнения, повышение ее потребительской ценности).
- 3. Повышение уровня промышленного рыболовства (увеличение улова, повышение качества продукции, активизация торговли, увеличение занятости рабочих на ранее построенных заводах и др.).
- 4. Удлинение срока службы материалов (конструкций, сооружений, красок, тканей, снижение затрат на очистку и покраску и т.д.).
- 5. Увеличение рекреационных возможностей (использование ландшафтов для отдыха, развитие туризма, научных исследований и т.д.).

Учитывая вышеприведенные показатели, экономистам следует посмотреть на прибыль по-другому, особенно на соотношение затрат и прибылей при планировании борьбы с загрязнением среды. Существует бездоказательное правило: часто можно получить прибыль при средней степени снижения загрязнения, при большей или полной очистке прибыли может и не быть. Отсюда вытекает вывод, что отношением процента сокращения загрязнения к размеру прибыли отличается от его отношения к затратам. Организм способен выносить определенный уровень загрязнения без заметного для него вреда. Однако при достижении определенного уровня загрязнения, при котором организм реагирует уже отрицательно, незначительное падение уровня загрязнения ниже порогового не принесёт организму заметного улучшения.

Обычно прибыль превышает затраты при средней степени очистки. При очитке на 100% линии затрат и прибыли пересекаются и затраты превышают прибыль. Безусловно, очень импонирует добиться полной чистоты продукции, но при удалении загрязнения

на 90% и более требуются огромные затраты без видимых выгод. В этом случае лучше затратить средства на другие проекты, которые могут позволить получить больше прибыли при тех же затратах. Экономическая эффективность максимальна тогда, когда кривая прибыли превышает кривую затрат.

Безусловно, мы излагаем общую концепцию анализа затрат и прибыли мероприятий по очистке среды от загрязнителей. В каждом конкретном случае расходы и прибыль будут выражаться определенной спецификой отношений. Каждый тип загрязнения следует рассматривать отдельно, и всегда встает вопрос об уровне очистки продукции.

Какой же итог анализа затрат и прибылей сегодня? Мы подошли к той ситуации, когда загрязнение воды и воздуха достигло критического уровня и на их очистку необходимо выделять солидные финансовые, материальные и интеллектуальные силы. Анализ затрат и прибыли при борьбе с загрязнением показывает также, что все вложения средств с избытком окупаются за счет сокращения расходов на здравоохранение и повышение производительности.

При разработке Программы по борьбе с загрязнением нельзя ни экономистам, ни тем более государственным деятелям во главу угла ставить прибыль от вложений. Десятки лет Природу грабили, ее убивали, а теперь рука поднимается еще и прибыль за ее лечение извлекать. Лечению природы во всех Планах и во всех бюджетах необходимо выделять приоритетное место, если мы все хотим выжить в этом суровом мире. Однако это не значит, что необходимо расходовать средства на природоохранные мероприятия и непродуманно, и без всякого Плана.

2. Проблемы анализа затрат. Первостепенная задача при анализе затрат и прибыли на природоохранные мероприятия - это получить объективные оценки затрат, проведенных работ и прибылей (прямых и косвенных). Технологии борьбы с загрязнением в основном хорошо известны, и поэтому расходы на материалы, оборудование и выполнение работ вполне могут быть определены с высокой точностью. Безусловно, могут возникнуть и непредвиденные расходы, но по мере накопления опыта возможно снижение затрат в последующем и в этой части.

Программа борьбы с загрязнением, помимо всех прочих проблем, безусловно способствуют занятости населения и, естественно, улучшают экономическое состояние региона и страны. Необходимо понимать и считаться с тем, что в начале работ (по крайней мере 4-5 лет) по очистке объектов от загрязнителя затраты будут очень высокие: во-первых, из-за нехватки опыта ведения работ и необходимости приобретения опыта и навыков в новых технологиях, во-вторых, нередко загрязнение достигает такого высокого уровня, что сдвинуть его с мертвой точки потребует длительных и дорогостоящих вложений, в-третьих, не всегда работа по очистке будет направлена по самому оптимальному варианту. Затем в течение 5-10 лет расходы и прибыль будут выравниваться, а в последующем прибыль будет преобладать над расходами.

Безусловно, в общих чертах можно определить прибыль при проведении природоохранных работ (прямую и косвенную). Так, при повышенном загрязнении воздуха увеличивается число заболеваний. Лечение людей, пропуски рабочих дней и другие изменения в работе людей и повышение медицинских затрат можно выразить в денежной форме. Можно также определить степень износа машин и зданий, и все это выразить в денежном выражении через затраты на ремонт и т.д. Аналогичным образом можно оценивать прибыль и по другим видам борьбы с загрязнениями, учитывая прямые и косвенные доходы.

При проведении очистных работ не всегда будут преобладать доходы прямые. Например, борьба с токсичными загрязнениями (химикаты, кислотные дожди и т.д.) никогда не дает быстрой отдачи в виде прибыли. Однако если не снизить (а еще лучше исключить) эффект воздействия кислотных дождей, то в недалеком будущем мы потеряем больше леса; если не снизить расходы топлива и не заменить его на безвредные виды, то резко усилится парниковый эффект, что приведет к изменению климата. Поэтому необходимо при расчетах брать во внимание также перспективные последствия затрат на борьбу с отдельными видами загрязнения.

При разработке Программы борьбы с загрязнениями целесообразно всесторонне анализировать проблему и определить степень риска затрат, с одной стороны, и степень риска в случае отсутствия борьбы с тем или иным загрязнением, с другой. Необходимо при этом учитывать ряд моментов, например, возможные негативные последствия, если работы по борьбе с загрязнением не проводить:

- а) примерное количество людей, которые могут пострадать,
- б) вероятность влияния на генофонд населения,
- в) влияние на состояние здоровья детей, их развитие, умственные и физические способности.
- г) снижение воспроизводства живых организмов, включая человека.
  - д) степень снижения биоразнообразия,
  - е) последствия снижения производительности труда,
  - ж) влияние на качество продукции,
  - з) прямые угрозы воздействия продолжающегося загрязнения.

Эти и другие вопросы могут оказать определяющее влияние на окончательное решение по той или иной Программе борьбы с загрязнениями. Иногда складываются ситуации (рождение детей с тяжелыми патологиями и безруких детей, с несколькими врожденными уродствами и т.д.), когда о прибыли даже не может идти речи, а затраты нужны колоссальные, чтобы изменить ситуацию в обществе, успокоить людей, облегчить их судьбу, обеспечить им будущее. Если отвлечься от сухих цифр расходов и прибыли, а взглянуть на ситуацию с позиции завтрашнего дня Вашего сына, дочери, внука, внучки и т.д., т.е. представить больного ребенка как своего, а не что-то абстрактное, чужое. В таком случае Вы, как финансист, экономист, администратор, производитель, политик, бизнесмен и просто человек, совсем по-другому отнесетесь к Программам, направленным на борьбу с загрязнением.

Среди всех загрязнителей, очистка от которых через 4-6 лет после начала осуществления Программы борьбы с ними начнёт давать колоссальные прибыли, следует выделить токсичные отходы в грунтовых водах, парниковые газы, хлорфторуглеводороды и кислотные дожди. Если не вести борьбу с этими загрязнителями, то они охватят огромные территории, от них пострадают миллионы ныне живущих и еще больше неродившихся в географических пространствах действия этих факторов, и, пожалуй, самое страш-

ное, что они могут оказаться необратимыми в направлении своего действия.

Большую трудность представляет согласование Программ, особенно затрат по ним, если загрязнение необходимо ликвидировать силами двух и более государств, двух или более административных территорий.

Для создания стройной системы борьбы с загрязнениями в каждом государстве необходимы строгие, но объективные законы. Без них говорить о сколько-нибудь целесообразной борьбе с загрязнителями невозможно. В целом же Программа борьбы с загрязнением должна вестись только под патронажем Правительства, если оно в своем сознании дошло до такого уровня и прониклось пониманием своей ответственности за будущее своего народа, своей страны.

Разрушение природы прибыли никогда не дает, благополучие же природы дает выгоду всем без исключения. Политиканство в вопросах охраны окружающей среды не должно иметь места. Необходимо помнить всем тем, кто считает себя благотворителем, экономя копейки на охрану природы сегодня, что завтра им придется выбросить гораздо больше, что соответствует поговорке «Скупой платит дважды».

Поэтому, говоря о затратах и прибылях при разработке Программ по борьбе с загрязнениями в природе, необходимо подчеркнуть, что здесь счет должен быть особый, если учесть, что природу только грабили, ничего не возвращали, а наоборот, уничтожили её. Тем не менее, и затраты не должны быть безрассудными, а хорошо продуманными, просчитанными и направленными на решение серьезных природоохранных задач.

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Актуальные эколого-гигиенические проблемы Северного Кав-каза. - Краснодар, 1995. 295с.

Андрианов Б.В. Земледелие наших предков. - М. Наука. 1978. 168 с.

Артеменко Т.К., Бычков С.А. Риск оползнеобразования в сложных инженерно-геологических и техногенных условиях // Оценка и управление природными рисками. - М.: Изд. РУДН ,2003. Т.1. С. 45-46.

Балагаева О.Н. Оценка селевой и оползневой опасности Северного Таджикистана // В сб.: Оценка и управление природными рисками. - М: Изд-во РУДН.,2003. Т. 1. С. 63-67.

Белюченко И.С. Экологический мониторинг. – Краснодар: Издво КГАУ, 1998. 345 с.

Белюченко И.С. Экология Краснодарского края. – Краснодар: Изд-во КубГАУ. 2010. 356 с.

Бетина В. Путешествие в страну микробов. - М.: Мир, 1976. 271 с.

Болтрушко В. М., Воронов Б.Л., Шлотгауэр С. Д. Влияние катастрофических пожаров на биоразнообразие Хабаровского края // В сб.: Охрана лесов от пожаров в современных условиях. - Хабаровск, 2002. С. 170-173.

Будыко М.И. Глобальная экология. - М.: Мысль, 1977.-328 с.

Будыко М.И., Голицын Г.С, Израэль Ю.А., Глобальные климатические катастрофы. - М.: Гидрометеоиздат., 1986. 158 с.

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. - М., 1965. 191 с.

Вишняков Л.Д., Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Грацианский И.В., Мастрюков Б.С., Махутов Н.А., Никоноров Е.В. Катастрофы и образования. - М, 1999. 174 с.

Горелов А.А. Экология. - М. 2005 . 190 с.

Григорьев А.А. Антропогенные воздействия на природную среду по наблюдениям из космоса. - Л., 1985. 239 с.

Гринин А.С., Новиков В.Н. Экологическая безопасность. - М.:  $\Phi$ АИР – ПРЕСС, 2002. 336 с

Гукалов В.Н. Тяжелые металлы в системе агроландшафта. - Краснодар: Изд. КубГАУ, 2010. 241 с.

Дажо Р. Основы экологии. - М.: Прогресс, 1975. 415 с.

Дворжак И. Земля, люди, катастрофы. - Киев: Вища школа, 1989. 237c.

Дежкин В. Беседы об экологии. - М.: Молодая гвардия, 1975. 192 с.

Жигалин Л.Д., Николаев А.В., Седова Е.Н. Сильные воздействия на литосферу как причина техногенных и природных катастроф // В сб.: Оценка и управление природными рисками. - М.: Изд. РУДН, 2003. Т І. С. 13-16.

Кожогулов К.Г., Никольская О.В. Оценка риска формирования и активизации оползней при освоении горных территорий Кыргызстана // В сб.: Оценка и управление природными рисками. - М.: Изд. РУДН, 2003. Т. І. С. 138-148

Константиновская Л.В. Уничтожение и перспективные научные проекты 21 века и экологическая безопасность // В сб. Актуальные проблемы экологии и природопользования. - М.: Изд. РУДН, 2001. Вып. 2. С. 55- 61.

Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. - М.: Высшая школа, 1999. 447 с.

Маслов Н.В. Градостроительная экология. - М.: Высшая школа,  $2003.288\ c.$ 

Муравьев Е.И. Влияние отходов производства фосфорных удобрений на окружающие ландшафты. - Краснодар: Изд. КубГАУ, 2008. 358 с.

Муравьев Е.И. Экологические проблемы развития ландшафтных систем в зоне влияния Белореченского химзавода. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2010. 287 с..

Одум Ю. Основы экологии. - М., 1975. 740 с.

Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Строительная экология. - Ростов н/Д: Изд. Феникс, 2003. 320 с.

Смирнов ІІ.Н. Экология биосферной катастрофы. - М.: Знание, 1988  $60 \, \mathrm{c}$ 

Соколова Г.В., Тетерятникова Е.П. Атмосферные возмущения в зоне действия крупных лесных пожаров в лесах Дальнего Востока и возможность долгосрочного прогнозирования экологических по-

следствий // В сб.: Научные основы использования и воспроизводства лесных ресурсов Дальнего Востока. - Хабаровск, 2003. С. 144-150.

Федоров Н.Ф., Шифрин С.М. Канализация. - М.: Высшая школа, 1968. 592 с.

Хлебопрос Р.Г., Фет А.И. Природа и общество: модели катастроф. - Новосибирск, 1999. 343 с.

Шубаев Л.П. Общее землеведение. - М.: Высшая школа, 1977. 455 с.

Begon M., Harper I.L. Townsend C.R. Ecology Individuals, Population and Communities. - Oxford etc.: Blackwell, 1986. 875 p.

Miller Y.T. Living in the environment. Wadsworth Publ. Company, California, 1990. 620 p.

Nebel B.I. Environmental Science. Prentice-Hall, Inc., 1990. 122 p.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Часть 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ АНТРОПОГЕННОЙ ЭКОЛОГИИ	7
Глава 1. Проблемы окружающей среды	7
1. Основные причины возникновения проблем	7
2. Нарушение природного равновесия	16
3. Глобальные проблемы окружающей среды	23
Глава 2. Характеристика отдельных блоков экосистем	32
1. Общие проблемы развития экосистем	32
2. Воздух	33
3. Вода	34
4. Поверхностные и грунтовые воды	37
5. Круговорот воды	38
6. Почвы и их физический состав	39
7. Органические вещества почвы	40
8. Свойства почвы	42
9. Растительность	45
Часть 2. АНТРОПОГЕННЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ.	49
Глава 3. Химические загрязнители	49
1. Отходы промышленности	49
2. Органические отходы	50
3. Пестициды	51
4. Тяжелые металлы	60
5. Удобрения	67
6. Накопление ядохимикатов и их хранение	69
7. Проблемы захоронения отходов	74
8. Перспективы сокращения отходов	76
Глава 4. Сточные воды	79
1. Бытовые сточные воды	79
2. Промышленные сточные воды	81
3. Очистка сточных вод бытовых стоков	83
4. Использование стоков для орошения	89
5. Использование стоков для полива пастбиш	89

6. Индивидуальная очистка	91
7. Очистка промышленных стоков	92
Глава 5. Отходы быта и производства	94
1. Общие проблемы отходов	94
2. Бытовые отходы	95
3. Пути решения проблемы	99
Глава 6. Кислотные осадки	120
1. Общие проблемы образования кислотных осадков	120
2. Источники кислотных осадков	122
3. Влияние на водные системы	124
4. Влияние на растительность	126
5. Влияние кислых осадков на разные типы почв	129
6. Влияние кислотных дождей на строительство	130
Часть 3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	134
Глава 7. Загрязнение атмосферы	134
1. Причины загрязнения воздуха	134
2. Загрязняющие вещества	137
3. Источники загрязнения	139
4. Здоровье человека	142
5. Сельское хозяйство	143
6. Состояние качества стройматериалов	146
7. Улучшение качества воздуха	147
8. Парниковый эффект	149
9. Источники парниковых газов и последствия их действия	151
10. Проблемы озонового слоя	155
11. Естественный вариант температурного контроля	159
Глава 8. Загрязнение воды.	162
1. Причины загрязнения водоемов в крае	162
2. Загрязнение поверхностных вод	165
3. Кислород в воде и его использование	168
4. Совершенствование использования воды	169
5. Дождевая вода и снег	172
6. Загрязнение грунтовых вод	174

7. Дезактивация ядовитых отходов	176
8. Эвтрофикация водоемов	177
9. Влияние наносов на водоемы	182
Глава 9. Загрязнение почвы	188
1. Типы загрязняющих веществ	188
2. Оголенные почвы	195
3. Засоление и эрозия почв	199
4. Многолетние культуры	202
Глава 10. Индикация загрязнения с помощью организмов	204
1. Общие проблемы загрязнения организмов	204
2. Влияние отдельных загрязнителей на природные объекты.	208
3. Тяжелые металлы и выхлопные газы автомобилей	212
4. Ядовитый озон и радиоактивные вещества	214
Часть 4. ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ.	217
Глава 11. Энергетика и экология	217
1. Общие проблемы энергетики	217
2. Образование топлива и его добыча	219
3. Ядерная энергетика	221
Глава 12. Строительство и проблемы охраны природы	227
1. Проблемы строительства и загрязнение природы	227
2. Потери земель	229
3. Пути ограничения расползания строек	232
Глава 13.Сельскохозяйственное производство и охрана окружающей среды	248
1. Общие проблемы сельского хозяйства	248
2. Возможности повышения интенсивности сельского хозяйства	251
Глава 14. Экономика борьбы с загрязнением	254
<ol> <li>Общие проблемы экономики борьбы с загрязнителями</li> </ol>	254
2. Проблемы анализа затрат	256
Основная питература	260

## Учебное пособие

### Белюченко Иван Степанович

# Введение в антропогенную экологию

Редактор В.В. Корунчикова Компьютерная верстка Л.С. Новопольцева

Подписано в печать 3.06.2011 г. Бумага офсетная, Формат 60×90/16. Ротапринтная печать. Тираж 500 экз. Усл. печ. л. 16,8. Заказ №

Редакционный отдел и типография Кубанского государственного аграрного университета 350044, г. Краснодар, ул. Калинина,