

AN ECOLOGICAL CRISIS AND WAYS OF OVERCOMING IT

G. V. LISICHKIN

The article deals with the basic components of a global ecological crisis. It is shown that the advancement of the civilization inevitably leads to pollution of the environment. The causes of an ecological crisis and ways of overcoming it are discussed.

В статье рассмотрены основные компоненты глобального экологического кризиса, показано, что развитие цивилизации неминуемо влечет за собой загрязнение среды обитания, обсуждены причины экологического кризиса и пути его преодоления.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС И ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

Г. В. ЛИСИЧКИН

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Хозяйственная деятельность человечества в течение последнего столетия привела к серьезному загрязнению нашей планеты разнообразными отходами производства. Воздушный бассейн, воды и почва в районах крупных промышленных центров часто содержат токсичные вещества, концентрация которых превышает предельно допустимую (ПДК). Поскольку случаи значительного превышения ПДК достаточно часты и наблюдается рост заболеваемости, связанной с загрязнением природной среды, в последние десятилетия специалисты и средства массовой информации, а вслед за ними и население стали употреблять термин “экологический кризис” (ЭК).

Прежде всего следует разделить понятия “локальный ЭК” и “глобальный ЭК”. Локальный ЭК выражается в местном повышении уровня загрязнений – химических, тепловых, шумовых, электромагнитных – за счет одного или нескольких близко расположенных источников. Как правило, локальный ЭК может быть более или менее легко преодолен административными и/или экономическими мерами, например за счет совершенствования технологического процесса на предприятии-загрязнителе или за счет его перепрофилирования или даже закрытия. Много более серьезную опасность представляет глобальный ЭК. Он является следствием всей совокупности хозяйственной деятельности нашей цивилизации и проявляется в изменении характеристик природной среды в масштабах планеты и, таким образом, опасен для всего населения Земли. Борьба с глобальным ЭК гораздо труднее, чем с локальным, и эта проблема будет считаться решенной только в случае минимизации загрязнений, произведенных человечеством, до уровня, с которым природа Земли будет в состоянии справиться самостоятельно. В настоящее время глобальный ЭК включает четыре основных компонента: кислотные дожди, парниковый эффект, загрязнение планеты суперэкоотоксикантами и так называемые озоновые дыры.

Кислотные дожди – это атмосферные осадки, рН которых ниже чем 5,5. Закисление осадков происходит вследствие попадания в атмосферу оксидов серы и азота. Источники SO_2 в основном связаны с процессами сгорания каменного угля, нефти и природного газа, содержащих в своем составе сероорганические соединения. Часть SO_2 в результате фотохимического окисления в атмосфере превращается

в серный ангидрид, образующий с атмосферной влагой серную кислоту. Важным источником SO_2 является цветная металлургия: производство меди, никеля, кобальта, цинка и других металлов включает стадию обжига сульфидов. Оксиды азота – предшественники азотной кислоты – попадают в атмосферу главным образом в составе дымовых газов котлов тепловых электростанций и выхлопов двигателей внутреннего сгорания. При высоких температурах, развивающихся в этих устройствах, азот воздуха частично окисляется, давая смесь моно- и диоксида азота.

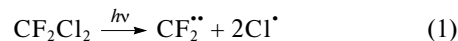
Кислотные осадки (их pH иногда достигает 2,5) губительно действуют на биоту, технические сооружения, произведения искусства. Твердо установлено, что под действием кислотных дождей и снегов за 1955–1985 годы сильно понизился водородный показатель тысяч озер Европы и Северной Америки, а это, в свою очередь, привело к резкому обеднению их фауны и гибели многих видов организмов. Кислотные осадки вызывают деградацию лесов: в Северной Европе от них сильно пострадало примерно 50% деревьев. При понижении pH резко усиливается эрозия почвы и увеличивается подвижность токсичных металлов.

Парниковый эффект обусловлен нагревом внутренних слоев атмосферы за счет поглощения “парниковыми газами” (прежде всего CO_2) основной инфракрасной (ИК) части теплового излучения поверхности Земли, нагреваемой Солнцем. Этот эффект может привести к существенному изменению климата, которое чревато непредсказуемыми последствиями, например к повышению уровня Мирового океана и затоплению низменных участков суши из-за таяния арктических и антарктических льдов. Рост концентрации CO_2 в атмосфере на 20% в течение последних 100 лет – строго доказанный факт. Основные источники “дополнительного” углекислого газа – это топки тепловых электростанций, автомобильные двигатели, лесные пожары, то есть источники, так или иначе связанные с технологической деятельностью человека.

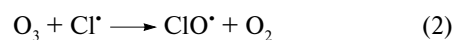
Следующий компонент глобального ЭК – загрязнение поверхности Земли суперэтоксикантами, к которым относятся хлордиоксины, полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, некоторые тяжелые металлы (в первую очередь свинец, ртуть и кадмий) и, наконец, долгоживущие радионуклиды. Все эти загрязнители являются ксенобиотиками и попадают в окружающую среду в результате аварий на химических производствах, неполного сгорания топлива в автомобильных двигателях, неэффективной очистки сточных вод, катастроф на ядерных реакторах и даже сгорания полимерных изделий в кострах на садовых участках. Суперэтоксиканты ответственны за многочисленные болезни, аллергии, повышен-

ную смертность, нарушения генетического аппарата человека и животных.

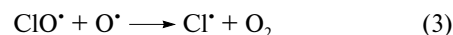
Озоновый слой, расположенный на высоте 25 ± 5 км, как известно, поглощает опасное для всех живых существ биологически активное ультрафиолетовое излучение Солнца (длина волны 240–260 нм). Наблюдения за концентрацией озона в этом слое, ведущиеся только в последние два десятилетия, фиксируют ее существенное локальное понижение (до 50% от исходной). Такие места, получившие название “озоновые дыры”, в основном обнаруживаются над Антарктидой. Для объяснения образования озоновых дыр необходимо глубокое понимание комплекса физических, физико-химических и химических процессов, протекающих в тропо- и стратосфере, необходимо также учитывать солнечно-земные связи, процессы дегазации Земли, потоки техногенных и эндогенных газов в атмосферу и многие другие факторы. В настоящее время их количественный учет невозможен, поэтому однозначного объяснения причин возникновения и затягивания озоновых дыр не существует. Тем не менее средства массовой информации и многочисленная учебно-методическая литература активно распространяют фреоновую теорию разрушения озонового слоя. Суть ее заключается в следующем. Фреоны (хлорфторуглероды) широко используются в качестве хладагентов, вспенивателей пластмасс, газов-носителей в аэрозольных баллончиках, средств пожаротушения и т.п. Выполнив свою рабочую функцию, большая часть фреонов попадает в верхнюю часть атмосферы, где под действием света разрушается с образованием свободных атомов хлора по реакции



Далее атомы хлора интенсивно взаимодействуют с озоном по реакции



и регенерируются по реакции



Таким способом один атом хлора может разрушить не менее 10 тыс. молекул озона. Следует, однако, отметить, что представления о роли фреонов в разрушении озонового экрана нашей планеты являются всего лишь гипотезой. С ее помощью трудно объяснить причины периодического убывания концентрации озона над Антарктикой, тогда как не менее 90% фреонов попадают в атмосферу в Европе и США.

Известна еще одна гипотеза появления озоновых дыр, основанная на взаимодействии озона с потоками водорода и метана, поступающими в тропосферу через разломы в земной коре, тем более что географические координаты озоновых дыр очень близки к координатам зон разломов в земной коре. Если это действительно так, то колебания концентрации

озона следует отнести к природным факторам. Это предположение, однако, не означает возможности неконтролируемого и всеобъемлющего применения фреонов в быту и технике, поскольку, как и любое искусственно синтезированное вещество, в больших количествах оно, безусловно, несет экологическую угрозу.

Итак, глобальный ЭК, обусловленный антропогенным вмешательством в природные процессы, представляет опасность для жизни на Земле. Возникает вопрос: может ли он быть преодолен? Большинство специалистов сегодня отвечают на этот вопрос положительно, отмечая, однако, что решение этой задачи потребует от человечества грандиозных усилий. Основная сложность проблемы заключается в том, что развитие цивилизации неминуемо влечет за собой загрязнение среды обитания. Рассмотрим эту проблему подробнее.

Развитие цивилизации предполагает рост промышленного и сельскохозяйственного производства, расширение транспортных сетей и средств передвижения и, следовательно, значительный рост энерговооруженности человечества. Расчеты показывают, что прирост народного хозяйства на нашей планете должен составить сотни процентов, так как в настоящее время из 5,5 млрд землян лишь один миллиард живет в достойных условиях. Заметим также, что население Земли постоянно растет и, по самым скромным оценкам, к середине XXI столетия достигнет 12 млрд человек. В то же время нужно принять во внимание и тот факт, что организация полностью безотходных процессов невозможна. На рис. 1 приведен график зависимости расходов от степени сокращения загрязнений. Из графика следует, что полная ликвидация каких бы то ни было отходов приводит к увеличению стоимости продукции до бесконечности. Эта закономерность справедлива для всех видов промышленной продукции.

Развитие электроэнергетики столь же неминуемо ведет к сложным экологическим проблемам. Яс-

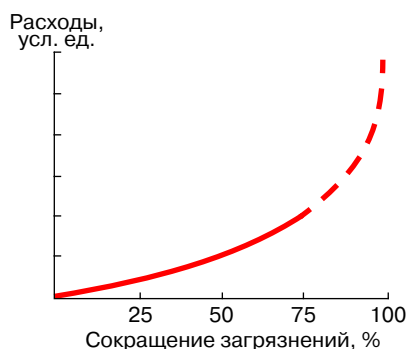


Рис. 1. Зависимость расходов, затрачиваемых на охрану природы, от степени сокращения загрязнений

но, что производство электроэнергии на основе ископаемого топлива, в особенности угля, приводит к самым тяжелым загрязнениям воздушного бассейна и поверхности Земли. Поэтому часто рассматривают альтернативные и на первый взгляд экологически чистые источники энергии: ветровую, солнечную, геотермальную, энергию морских приливов и т.п. Увы, крупномасштабное производство любого вида энергии сопряжено с возникновением не менее крупных экологических проблем. Например, при значительном вкладе ветроэлектростанций в топливно-энергетический баланс промышленно развитого государства (сотни миллионов тонн условного топлива в год) для изготовления тысяч ветряных “колес” и башен для их установки придется примерно вдвое увеличить производство алюминия, получение которого является одним из наиболее экологически грязных процессов, выделить под строящиеся станции огромные площади земли и, что наиболее важно, предстоит сильно замедлить, а в пределе остановить ветры, тысячелетиями переносившие тепло и влагу, то есть нарушить климатическое равновесие планеты. Аналогичные или близкие к ним проблемы возникнут при крупномасштабном использовании солнечной и других источников “дешевой” энергии.

Иллюзией являются и представления о возможности создания экологически чистого транспорта. Электромоторы, которыми предлагают заменить двигатели внутреннего сгорания, действительно относительно чисты экологически. Однако в качестве источников тока рассматриваются кислотные (свинцовые) или щелочные (никель-кадмиевые) аккумуляторы, что потребует увеличения производства этих отнюдь не безопасных металлов и производств, связанных с их утилизацией, а также электростанций для их зарядки и производства тех же металлов. Таким образом, в данном случае происходит всего лишь перенос экологических проблем из одного региона в другой.

Для обеспечения питанием полутора десятков миллиардов населения Земли XXI века необходимо введение в практику методов интенсивного сельского хозяйства, которое обеспечивало бы урожай зерновых на уровне 100 ц/га. Такие урожаи возможны лишь при крупномасштабном использовании химических удобрений и синтетических средств защиты растений в количествах примерно 1 млрд т связанного азота и соединений фосфора. Следовательно, речь идет о создании крупной химической промышленности, которая, как известно, не может быть полностью экологически чистой.

В условиях проживания значительной части землян в мегаполисах невозможен и экологически чистый быт. Отходы (а это около тонны мусора на одного человека в год) для своей утилизации требуют строительства мусороперерабатывающих заводов. Такие заводы экологически весьма опасны, по-

сколькx их газовые выбросы, в частности, содержат и хлордиоксины. Итaк, мы пришли к выводу, что развитие цивилизации неминуемо приводит к появлению сложных экологических проблем. Проблемы эти столь трудны и многоплановы, что некоторые ученые и мыслители всерьез ставят вопрос о свертывании промышленного производства и возвращении человека к патриархальному быту, характерному для середины или второй половины XIX столетия. Но не будем забывать, что численность населения Земли в те годы была в три раза меньше, а средняя продолжительность жизни составляла 30 лет. Захотят ли земляне вернуться в прошлое? Вряд ли.

Каков уровень загрязнения природы сегодня? Данные по нашей стране таковы. Газовые выбросы составляют около 50 млн т в год, жидкие – примерно 15 млрд м³ в год. В табл. 1 представлена доля различных источников загрязнений (в %) в России и США.

Таблица 1

| Отрасль промышленности | Россия | США |
|-----------------------------------|--------|-----|
| Электроэнергетика | 32 | 14 |
| Транспорт | 26 | 60 |
| Металлургия | 20 | 17 |
| Химическая промышленность | 5 | |
| Производство нефти | 5 | |
| Производство бумаги | 2 | |
| Переработка и уничтожение отходов | ? | 9 |

Анализ табл. 1 показывает, что широко бытующее мнение о химической промышленности как главном источнике всех экологических бед неверно. По общему объему основными загрязнителями природы являются энергетика и транспорт, причем доля транспорта будет неуклонно возрастать, о чем свидетельствует опыт США. Разумеется, нельзя сбрасывать со счетов то обстоятельство, что букет загрязнений, поставляемый химической промышленностью, исключительно велик и среди них находятся весьма токсичные вещества.

Неправильно думать, что в нашей стране вопросам охраны природы не уделяется внимания. Ниже представлены данные о доле капитальных вложений, расходующихся на защиту среды обитания при строительстве промышленных предприятий различных отраслей промышленности.

| Отрасль промышленности | % |
|------------------------------|--|
| Металлургия черная и цветная | 17 |
| Энергетика | 17 |
| Химическая промышленность | 15–30 в зависимости от типа производства |
| Машиностроение | 5 |

Как видно из этих данных, расходы на охрану природы еще при строительстве предприятий составляют изрядную долю капитальных затрат. Теперь попытаемся разобраться в причинах загрязнения окружающей среды. Таких основных причин четыре.

1. Экономические причины. Высокая стоимость очистных сооружений и других средств охраны природы, достигающая иногда трети капиталовложений, зачастую вынуждает хозяйственников и администраторов экономить на природе при строительстве новых производств. Издержки рыночной экономики, связанные с погоней за прибылью, и плановой, отягощенной идеологическими догмами, безусловно ведут к углублению экологического кризиса.

2. Научно-технические причины. Важно понимать, что основная часть потока загрязнений, поступающих в атмосферу, гидросферу и литосферу Земли, обусловлена не стремлением получить максимальную прибыль и не злым умыслом хозяйственников, а объективно существующими научно-техническими трудностями. Следует иметь в виду, что лишь незначительная доля используемых в промышленности химических процессов протекает с количественным выходом и 100%-ной селективностью. В большинстве случаев наряду с целевым продуктом образуется гамма побочных, для полной утилизации которых требуется бесконечно большая сумма капиталовложений. Поэтому на практике устанавливают некоторый допустимый уровень загрязнений, который обеспечивается разумным уровнем затрат. Рассмотрим несколько примеров.

Около 60% всех газообразных загрязнений атмосферы России составляют органические вещества – пары растворителей, мономеров, горюче-смазочных материалов – и монооксид углерода. Например, для очистки вентиляционных выбросов от паров растворителя наиболее экономически выгодно их сжигание. Но этот процесс может быть осуществлен только при совместном сжигании паров вместе с основным топливом: газом, мазутом или углем, то есть в случаях, когда источник загрязнений находится неподалеку от теплоэлектростанций.

К сожалению, таких совпадений немного. Поэтому был создан специальный реактор, в котором на поверхности гетерогенного алюмоплатинового катализатора происходит постоянное горение природного газа вместе с вентиляционными выбросами. Понятно, что решение даже такой относительно несложной задачи потребовало серьезных капитальных вложений и привело к заметному удорожанию продукции.

Как уже говорилось, основной источник кислотных дождей – сернистый газ образуется в огромных количествах при обжиге сульфидных руд цветных металлов. Во многих учебных пособиях можно прочитать, что наиболее эффективный способ его утилизации состоит в окислении SO₂ до серного ан-

гидрида с последующим получением серной кислоты. Этот пример часто приводят как иллюстрацию комплексного использования сырья, приводящего к получению двух полезных продуктов: цветного металла и серной кислоты.

Увы, в реальной жизни возникают препятствия: каталитическое окисление сернистого газа эффективно только при значительной его концентрации в обжиговом газе и при отсутствии в нем каталитических ядов. Эти требования труднодостижимы для дымовых газов заводов цветной металлургии. Вследствие этого до настоящего времени не найдено эффективного решения рассматриваемой задачи и значительная часть выбросов сернистого газа поступает в атмосферу через высокие дымовые трубы. Загрязнения при этом, разумеется, не исчезают, а распределяются по большей территории, и локальная концентрация их становится меньше.

Выхлопные газы автомобилей могут быть очищены от монооксида углерода, оксидов азота и полициклических ароматических углеводородов с помощью каталитических дожигателей, содержащих нанесенный катализатор из металлов группы Pt. Стоимость этого аппарата довольно высока и может достигать 10–15% стоимости легкового автомобиля. В развитых зарубежных странах они нашли широкое применение, но, к сожалению, непригодны к эксплуатации в России из-за широкомасштабного использования бензина, содержащего тетраэтилсвинец, который отравляет эти катализаторы. Полный отказ от использования этилированного бензина потребует от России гигантских экономических затрат, но совершенно необходим в ближайшем будущем.

Не нужно думать, что научно-технические трудности в деле охраны природы характерны в основном для России. Это не так. В США, например, недавно принят закон о чистом воздухе, запрещающий в перспективе использовать автобензины, содержащие ароматические углеводороды (в настоящее время в составе бензинов их концентрация достигает 50%). Для реализации этого закона придется изыскивать совершенно новые технические решения и ассигновать многие десятки миллиардов долларов.

Еще одна сложная научно-техническая проблема досталась миру в наследство от периода холодной войны. В арсеналах нескольких стран, в первую очередь США и России, накоплены большие запасы (в общей сложности более сотни тысяч тонн) боевых отравляющих веществ. В соответствии с заключенными международными соглашениями химическое оружие подлежит уничтожению. Однако до сих пор, несмотря на значительные усилия ученых и инженеров и крупные затраты, не разработан универсальный, эффективный и абсолютно безвредный метод ликвидации химического оружия. Таких примеров можно привести множество. Но и этих достаточно для того, чтобы сделать заключе-

ние о приоритетном значении науки, современной техники и технологии для преодоления глобального экологического кризиса.

3. Низкий уровень знаний. В наше время люди, принимающие ответственные технические решения и не владеющие при этом основами естественных наук, становятся социально опасными для общества. Многие из уже произошедших и, вероятно, будущих катастроф связаны с малограмотностью технических руководителей и исполнителей. Яркий пример этому – катастрофа продуктопровода, перекачивающего с северных месторождений так называемую широкую фракцию легких углеводородов, способную в случае утечки образовывать взрывоопасную газозудную смесь. Большой опыт строительства нефте- и газопроводов отнюдь не гарантирует успеха в строительстве продуктопровода, проектирование, монтаж и эксплуатация которого требуют совершенно иных знаний и мер безопасности. Этим знаниям у руководства стройки оказалось недостаточно.

4. Низкий уровень культуры и нравственности. Совершенно очевидно, что для сохранения природы необходимо, чтобы каждый человек, соприкасающийся с промышленным или сельскохозяйственным производством, с бытовыми химическими веществами, был не только экологически грамотен, но и сознавал свою ответственность за действия, которые приносят природе явный вред. К сожалению, нередко можно видеть, как шофер ставит свой автомобиль в чистый ручей для мытья, как матрос выливает за борт ведро солярки, как рабочие в автохозяйствах сжигают старые покрышки, как сельские механизаторы равнодушно взирают на кучу рваных мешков с удобрениями, валяющихся среди поля.

Каковы же пути преодоления глобального экологического кризиса? Чтобы справиться с ним, сначала необходимо, чтобы каждый житель нашей планеты осознал, что экологическая угроза исходит не от безымянного человечества вообще, а от каждого конкретного человека, то есть от нас с вами. Главную роль в решении этой задачи играет экологическое просвещение всех слоев и всех возрастных категорий общества. Следующий шаг – создание эффективного природоохранного законодательства. Помимо национальных законов, регулирующих отношения между предприятиями, государством и его жителями в области ответственности за загрязнение природной среды, важное значение имеют межгосударственные правовые отношения. Действительно, глобальный ЭК касается всей планеты, границы между странами не служат препятствием для перемещения газов, радионуклидов и экотоксикантов. Общая цель национального и международного природоохранного законодательства достаточно ясна: ни отдельному человеку, ни государству в целом не должно быть выгодно загрязнять планету сверх заранее согласованной международным сообществом меры и

каждый случай сверхнормативного загрязнения должен преследоваться законом.

Следует особо подчеркнуть бессмысленность постановки вопроса о преодолении ЭК без решения проблемы финансирования природозащитных мероприятий. Мы должны привыкнуть к тому, что охрана Земли от загрязнений — дело дорогое, и, планируя бюджет — государственный, общественный или личный, — предусматривать немалые расходы на экологические нужды.

Ключевым элементом в борьбе с ЭК является поиск грамотных и действенных научно-технических решений. Это означает, что на экологию должны работать многочисленные институты, лаборатории, университеты, фирмы. Природоохранной экспертизе должно подвергаться любое действующее или реконструируемое предприятие, каждый проект нового строительства независимо от его социальной направленности. И наконец, экологический компонент среднего, специального и высшего образования должен стать неотъемлемой частью подготовки любого специалиста в области техники, естественных наук, медицины, экономики и даже гуманитарных наук. Особое значение имеет экологическая подготовка учителей. Экологический кризис является наибольшей опасностью, стоящей сегодня перед человечеством. Анализ показывает, что другие глобальные кризисы — энергетический, сырьевой, демографический — в своей основе сводятся к проблемам охраны природы. У жителей Земли нет аль-

тернативы: либо они справятся с загрязнением, либо загрязнение расправится с большей частью земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Небел Б.* Наука об окружающей среде. М.: Мир, 1993. Т. 1–2.
2. *Шустов С.Б., Шустова Л.В.* Химические основы экологии. М.: Просвещение, 1995. 240 с.
3. Новая энергетическая политика России. М.: Энергоатомиздат, 1995. 512 с.
4. *Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л.* Кислотные дожди и окружающая среда. М.: Химия, 1991. 142 с.
5. *Сывороткин В.Л.* Рифтогенез и озоновый слой. М.: Геоинформмарк, 1996. 68 с.

* * *

Георгий Васильевич Лисичкин, профессор, доктор химических наук, зав. лабораторией органического катализа кафедры химии нефти и органического катализа химического факультета МГУ. Лауреат Ломоносовской премии, награжден медалью С.И. Вавилова, премией Совета Министров СССР. Основные работы посвящены химии привитых поверхностных соединений и гетерогенному металлокомплексному катализу. Вместе с учениками и сотрудниками опубликовал шесть книг и более 300 статей, автор 70 изобретений.