

### Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

*Понятие “опасность”. Воздействия, способные вызывать негативные нарушения в самочувствии и здоровье людей, называются опасностями.*

*Опасность — это свойство элементов системы “человек - среда обитания”, способное причинять ущерб людям, природной среде и материальным ресурсам.*

*Все опасности по источникам их возникновения принято делить на естественные и антропогенные.*

*Естественные опасности возникают при стихийных явлениях в биосфере — таких, как землетрясения, наводнения, ураганы, циклоны, лавины.*

*Характерной особенностью естественных опасностей является неожиданность их возникновения, хотя некоторые из них человек научился предсказывать, например, ураганы, пунами. Естественные опасности относительно стабильны по времени и силе воздействия.*

*Возникновение антропогенных опасностей связано, прежде всего, с активной техногенной деятельностью человека.*

*Источниками антропогенных опасностей являются люди, а также технические средства, здания, сооружения, транспортные магистрали — все, что создано человеком. Ущерб от антропогенных опасностей тем выше, чем больше плотность и энергетический уровень используемых техногенных средств.*

*Рост негативного влияния, как правило, обусловлен нарушениями технологических рекомендаций, трудовой дисциплины и, что самое главное, — отсутствием необходимых знаний о причинах возникновения опасностей и о последствиях, возникающих в зонах действия опасностей.*

*По характеру воздействия на человека все опасности разделяются на вредные и травмирующие.*

*Вредные воздействия приводят к ухудшению самочувствия человека или к заболеванию (если воздействие продолжительно). Сюда относятся: воздействие токсичных веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, воде, продуктах питания; недостаточность освещения; повышенная или пониженная температура воздуха; снижение содержания кислорода в воздухе помещения.*

*Аналогично влияние на организм повышенного шума, вибраций, электромагнитных полей, ионизирующих излучений. Так, работа при недостаточном освещении приводит к более быстрому (в 1,5-2 раза) утомлению, а в условиях повышенных температур снижается производительность труда, организм обезвоживается, теряя с водой витамины и соли.*

*При этом снижается защитная реакция организма, возникают сердечно-сосудистые заболевания.*

*Травмирующие воздействия приводят к травмам и гибели людей при однократном действии, характеризуются неожиданностью и быстротой. Электрический ток, падающие предметы, действие подвижных частей различных установок и средств транспорта, падение, разгерметизация систем повышенного давления, часто приводящая к взрывам*

и пожарам, — все это травмирующие факторы.

Ежегодно в мире в сфере промышленного производства погибает до 200 тыс. человек, травмы различной тяжести получают около 120 млн человек.

К негативным воздействиям на организм человека относят также острые и хронические отравления.

Острым отравлением называют заболевание, возникающее после однократного воздействия токсичного вещества на организм человека. Обычно это происходит при авариях, когда содержание токсичных веществ в атмосферном воздухе резко возрастает, или при употреблении продуктов, содержащих большое количество токсинов. На производстве и в быту регистрируют пищевые отравления пестицидами, метиловым спиртом, различными растворителями.

Хроническим отравлением называют заболевание, развивающееся после систематически длительного воздействия токсичных веществ в дозах, значительно меньших, чем при остром отравлении. Например, в организме человека постепенно накапливаются соединения свинца и марганца, а также пары ртути.

Последствия воздействия опасностей. При действии травмирующих факторов на человека возникают негативные последствия, которые можно разделить на первичные и отдаленные.

Первичные последствия характерны для травмоопасных воздействий и острых отравлений. Они сопровождаются различными травмами или гибелью людей.

Отдаленное действие вредных факторов проявляется через заболевания, сокращение продолжительности жизни, снижение рождаемости и ухудшение здоровья новорожденных и детей.

Загрязнение среды обитания стало одной из основных причин сокращения продолжительности жизни населения России. Если в 1965 г. продолжительность жизни мужчин составляла 65 лет, то в 1995 г. она снизилась до 57,3 года. Возросла младенческая смертность, в странах СНГ она составляет 25 случаев на 1 тыс. новорожденных. 10 % новорожденных России появляются на свет с дефектами и уродствами. По данным Российской академии медицинских наук, в Москве 70 % детей имеют ослабленное здоровье.

Оценивая последствия воздействия опасностей на людей, следует признать, что уровень гибели от них ежегодно растет. Опасно негативное действие вредных факторов и для будущих поколений.

На всех этапах своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. С возникновением высокоиндустриального общества вмешательство человека в природу резко усилилось, стало опасным и грозит в ближайшем будущем превратиться в глобальную угрозу для человечества.

Выделяют несколько наиболее существенных процессов, ухудшающих экологическую ситуацию на планете. Наиболее масштабным и значительным является химическое загрязнение среды не свойственными ей веществами химической природы. Среди них — газообразные и аэрозольные загрязнители промышленно-бытового происхождения. В частности, накопление углекислого газа в атмосфере усиливает нежелательную тенденцию повышения среднегодовой температуры на планете. Вызывает тревогу продолжающееся загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, что может вызвать существенные нарушения газо- и водообмена между гидросферой и атмосферой. Не вызывает сомнений и отрицательное влияние загрязнения почвы

пестицидами.

*В последнее десятилетие экологическое загрязнение многих регионов Земли стало причиной резкого роста заболеваний населения, повышенной детской смертности и нарушений психофизического развития подрастающего поколения. В последующих разделах рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на состояние биосферы.*

### **1.1. Химическое загрязнение атмосферы**

### **1.2. Загрязнение естественных водоемов и океанов**

### **1.3. Проблема опустынивания**

### **1.4. Экология городов**

### **1.5. Сочетанное действие неблагоприятных факторов среды**

### **1.6. Российская система экологической безопасности**

### **1.7. Состояние биосферы и здоровье**

## **1.1. Химическое загрязнение атмосферы**

Человек загрязнял атмосферу тысячелетиями, однако последствия употребления огня, которым он пользовался весь этот период, были незначительными. Начальное загрязнение воздуха не представляло проблемы, ибо люди обитали небольшими группами, сохраняя нетронутой природную среду. И даже значительное сосредоточение людей на сравнительно небольших территориях не сопровождалось серьезными последствиями. За последние 100 лет ситуация значительно ухудшилась.

В настоящее время выделяются три основных источника загрязнения атмосферы: промышленность, транспорт и котельные, которые потребляют более 70 % ежегодно добываемого твердого и жидкого топлива. Доля каждого из этих источников в общем загрязнении воздуха в разных регионах различна. Общеизвестно, что наиболее сильно загрязняют воздух теплоэлектростанции (ТЭС), вместе с дымом выбрасывающие в воздух сернистый и углекислый газ, а также металлургические предприятия, особенно цветной металлургии, в результате деятельности которых в воздух попадают оксиды азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка. В этот список можно включить, кроме того, химические и цементные заводы.

Атмосферные загрязнители подразделяют на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом превращения первичных. Так, сернистый газ окисляется в атмосфере до серного ангидрида, который взаимодействует с парами воды и образует капельки серной кислоты. В результате реакции серного ангидрида с аммиаком возникают кристаллы сульфата аммония. Аналогичным образом — путем химических, фотохимических, физико-химических реакций между загрязняющими веществами и компонентами атмосферы — образуются

другие вторичные загрязнители.

Вредные примеси пирогенного происхождения, содержащиеся в промышленных выбросах. Наибольший ущерб из них наносят следующие:

**Оксид углерода.** Образуется при неполном сгорании углеродистых веществ. В воздух попадает в результате сжигания твердых отходов, с выхлопными газами и выбросами промышленных предприятий. Активно реагирует с составными частями атмосферы, способствует повышению температуры на планете и созданию парникового эффекта. Ежегодно в атмосферу поступает не менее 1250 млн т этого газа.

**Сернистый ангидрид.** Выделяется в процессе сгорания серосодержащего топлива или переработки сернистых руд. Часть соединений серы выделяется при горении органических остатков в горнорудных отвалах.

**Серный ангидрид.** Образуется при окислении сернистого ангидрида. Конечным продуктом реакции является аэрозоль или раствор серной кислоты в дождевой воде, который подкисляет почву, обостряет тем самым заболевания дыхательных путей человека. Выпадение аэрозоля серной кислоты из дымовых факелов химических предприятий отмечается при низкой облачности и высокой влажности воздуха.

Листовые пластинки растений, произрастающих на расстоянии менее 11 км от таких предприятий, обычно бывают густо усеяны мелкими некротическими пятнами, образовавшимися в местах оседания капель серной кислоты. Предприятия цветной и черной металлургии, а также ТЭС ежегодно выбрасывают в атмосферу десятки миллионов тонн серного ангидрида.

**Сероводород и сероуглерод.** Поступают в атмосферу отдельно или вместе с другими соединениями серы. Основными источниками выброса являются предприятия по изготовлению искусственного волокна, сахара, коксохимические, нефтеперерабатывающие, а также нефтяные промыслы. В атмосфере при взаимодействии с другими загрязнителями сероводород и сероуглерод подвергаются медленному окислению до серного ангидрида.

**Оксиды азота.** Основными источниками выброса являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения, вискозный шелк, целлулоид. Количество оксидов азота, поступающих в атмосферу, составляет около 20 млн т/год.

**Соединения фтора.** Источники загрязнения — предприятия по производству алюминия, эмалей, стекла, керамики, стали, фосфорных удобрений. Фторсодержащие вещества поступают в атмосферу в виде газообразных соединений — фтороводорода или пыли фторида натрия и кальция. Соединения характеризуются токсическим эффектом. Производные фтора являются сильными инсектицидами.

**Соединения хлора.** Поступают в атмосферу с химических предприятий, производящих соляную кислоту, хлорсодержащие пестициды, органические красители, соду, гидролизный спирт, хлорную известь. Токсичность хлора определяется видом соединения и его концентрацией.

В металлургической промышленности при выплавке чугуна и переработке его на сталь происходит выброс в атмосферу различных тяжелых металлов и ядовитых газов. Так, в расчете на 1 т передельного чугуна выделяется, кроме 12,7 кг сернистого газа, еще 14,5 кг пылевых частиц, которые включают соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, а также пары ртути и редких металлов.

**Аэрозольное загрязнение атмосферы.** Аэрозоли состоят из твердых или жидких

частиц, находящихся в воздухе (или другой газовой среде) во взвешенном состоянии. Твердые компоненты аэрозолей в ряде случаев особенно опасны для живого организма, а у людей они вызывают специфические заболевания. В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в виде дыма, тумана, мглы или дымки. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром. Средний размер аэрозольных частиц — 11-51 мкм. Большое количество пылевых частиц образуется также в ходе производственной деятельности людей. Сведения о некоторых источниках техногенной пыли приведены ниже:

Производственный процесс

Выброс

пыли, млн т/год

Сжигание каменного угля

93,6

Выплавка чугуна

20,21

Выплавка меди (без очистки)

6,23

Выплавка цинка

0,18

Выплавка олова (без очистки)

0,004

Выплавка свинца

0,13

Производство цемента

53,37

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, а также обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в них обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже — оксиды металлов:

железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена; встречается асбест.

Еще большее разнообразие свойственно органической пыли, включающей алифатические и ароматические углеводороды, соли кислот. Такая пыль образуется при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и подобных предприятиях.

Постоянными источниками аэрозольного загрязнения являются промышленные отвалы — искусственные насыпи из отходов предприятий перерабатывающей промышленности, а также ТЭС. Источником пыли и ядовитых газов служат и массовые взрывные работы. Так, в результате одного среднего по массе взрыва (1250-3000 т взрывчатых веществ) в атмосферу выбрасывается около 12 тыс. м<sup>3</sup> условного оксида углерода и более 1150 т пыли. Производство цемента и других строительных материалов также является источником загрязнения атмосферы пылью. Основные технологические процессы этих производств — измельчение и химическая обработка шихт, полуфабрикатов и получаемых продуктов в потоках горячих газов — всегда сопровождаются выбросами пыли и других вредных веществ в атмосферу.

К атмосферным загрязнителям относят и углеводороды, источник которых — промышленные предприятия и транспорт. Насыщенные и ненасыщенные углеводороды подвергаются различным превращениям, окислению, полимеризации, взаимодействуя с другими атмосферными загрязнителями после возбуждения солнечной радиацией. В результате этих реакций образуются перекисные соединения, свободные радикалы, соединения углеводородов с оксидами азота и серы — часто в виде аэрозольных частиц.

При определенных погодных условиях могут образовываться особо большие скопления вредных газообразных и аэрозольных примесей в приземном слое воздуха. Обычно это происходит в тех случаях, когда в слое воздуха непосредственно над источниками газопылевой эмиссии существует инверсия — расположение слоя более холодного воздуха под теплым, что препятствует движению воздушных масс и задерживает перенос примесей вверх. Вредные выбросы при этом сосредотачиваются под слоем инверсии, содержание их у поверхности земли резко возрастает, что является одной из причин образования фотохимического тумана.

Фотохимический туман. Фотохимический туман, или смог, — это многокомпонентная смесь газов и аэрозольных частиц первичного и вторичного происхождения. В состав основных компонентов смога входят озон, оксиды азота и серы, многочисленные органические соединения перекисной природы, называемые в совокупности фотооксидантами. Смог возникает в результате фотохимических реакций при определенных условиях: если в атмосфере высока концентрация оксидов азота, углеводородов и других загрязнителей, при интенсивной солнечной радиации и безветрии, а также в случаях очень слабого обмена воздуха в приземном слое при мощной повышенной инверсии в течение не менее суток. Устойчивая безветренная погода (в июне-сентябре, реже — зимой) создает условия для высокой концентрации реагирующих веществ.

В ясную погоду под влиянием солнечной радиации происходит расщепление молекул диоксида азота с образованием оксида азота и атомарного кислорода. При соединении атомарного кислорода с молекулярным кислородом возникает озон. Казалось бы, последний должен окислять оксид азота, снова превращаясь в молекулярный кислород,

а оксид азота, в свою очередь, — в диоксид. Но этого не происходит. Оксид азота вступает в реакцию с олефинами выхлопных газов, которые при этом расщепляются по двойной связи, образуя осколки молекул и избыток озона. В результате продолжающейся диссоциации новые массы диоксида азота расщепляются и дают дополнительные количества озона. Возникает циклическая реакция, в итоге которой в атмосфере постепенно накапливается озон. В ночное время этот процесс прекращается.

Озон также вступает в реакцию с олефинами. В атмосфере концентрируются различные перекиси, которые в сумме образуют характерные для фотохимического тумана оксиданты. Последние являются источником так называемых свободных радикалов, отличающихся особой реакционной способностью. Они крайне опасны, поскольку воздействуют на дыхательную и кровеносную системы организма человека и часто бывают причиной преждевременной смерти городских жителей с ослабленным здоровьем.

Загрязнение атмосферы выбросами промышленных предприятий и подвижными источниками выбросов. Степень загрязнения воздуха основными загрязняющими веществами находится в прямой зависимости от промышленного развития города. Максимальные концентрации характерны для городов с населением более 500 тыс. человек. Загрязнение воздуха специфическими веществами зависит от вида промышленности, развитой в городе. Если в крупном городе размещены предприятия нескольких отраслей промышленности, то создается очень высокий уровень загрязнения воздуха.

Для того, чтобы по результатам наблюдений определить качество воздуха, измеренные значения концентраций вредных веществ сравнивают с максимальной разовой предельно допустимой концентрацией.

В последние десятилетия в связи с быстрым развитием автотранспорта и авиации существенно увеличилась доля выбросов, поступающих в атмосферу от подвижных источников: грузовых и легковых автомобилей, тракторов, тепловозов и самолетов. Согласно оценкам, в городах на долю автотранспорта приходится (в зависимости от уровня развития в данном городе промышленности и числа автомобилей) от 30 до 70 % общей массы выбросов.

Автотранспорт. Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят автомобили, работающие на бензине (на их долю приходится около 75 %), самолеты (около 5 %), автомобили с дизельными двигателями (около 4 %), тракторы и другие сельскохозяйственные машины (около 4 %), железнодорожный и водный транспорт (около 2 %).

Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается при разгоне автомобиля, а также при движении с малой скоростью. Относительная доля (от общей массы выбросов) углеводородов и оксида углерода наиболее высока при торможении и на холостом ходу, а доля оксидов азота — при разгоне. Из этих данных следует, что автомобили особенно сильно загрязняют воздушную среду при частых остановках и при движении с малой скоростью.

Создаваемые в городах системы движения в режиме “зеленой волны”, которые существенно сокращают число остановок транспорта на перекрестках, призваны снизить загрязнение атмосферного воздуха. Большое влияние на качество и количество выбросов примесей оказывает режим работы двигателя, в частности,



соотношение между массами топлива и воздуха, момент зажигания, качество топлива, отношение поверхности камеры сгорания к ее объему и др. При увеличении отношения массы воздуха и топлива, поступающих в камеру сгорания, сокращаются выбросы оксида углерода и углеводородов, но возрастает выброс оксидов азота.

Несмотря на то, что дизельные двигатели более экономичны и таких веществ, как оксид углерода (СО), диоксид азота (N<sub>2</sub>O), выбрасывают не более, чем бензиновые, они дают существенно больше дыма (преимущественно несгоревшего углерода, который, к тому же, обладает неприятным запахом, создаваемым некоторыми несгоревшими углеводородами). А если учесть, что дизельные двигатели производят сильный шум, становится понятно, что они воздействуют на здоровье человека гораздо больше, чем бензиновые двигатели.

Двигатели самолетов. Хотя суммарный выброс загрязняющих веществ двигателями самолетов сравнительно невелик (для города, страны), в районе аэропорта эти выбросы вносят определяющий вклад в загрязнение среды. К тому же турбореактивные двигатели (как и дизельные) при посадке и взлете выбрасывают хорошо заметный глазу шлейф дыма.

Согласно полученным данным, значительная часть топлива тратится на выруливание самолета к взлетно-посадочной полосе (ВПП) перед взлетом и на закруливание с ВПП после посадки (по времени в среднем — около 22 мин). Доля несгоревшего и выброшенного в атмосферу топлива при рулении намного больше, чем в полете. Существенного уменьшения выбросов можно добиться, помимо улучшения работы двигателей (распыление топлива, обогащение смеси в зоне горения, использование присадок к топливу, впрыск воды и др.), путем сокращения времени работы двигателей на земле и числа работающих двигателей при рулении (только за счет последнего достигается снижение выбросов в 3-8 раз).

В течение последних 10-15 лет большое внимание уделяется исследованию эффектов, которые возникают в связи с полетами сверхзвуковых самолетов и космических кораблей. Эти полеты сопровождаются загрязнением стратосферы оксидами азота и серной кислотой (сверхзвуковые самолеты), а также частицами оксида алюминия (транспортные космические корабли). Поскольку перечисленные загрязняющие вещества разрушают озон, то первоначально создалось мнение (подкрепленное соответствующими модельными расчетами), что планируемый рост числа полетов сверхзвуковых самолетов и транспортных космических кораблей приведет к существенному уменьшению содержания озона, с последующим губительным воздействием ультрафиолетовой радиации на биосферу Земли. Однако тщательный анализ этой проблемы позволил сделать заключение о слабом влиянии выбросов сверхзвуковых самолетов на состояние стратосферы.

Более сильное воздействие на озонный слой и глобальную температуру воздуха могут оказать хлорфторметаны (ХФМ), например, фреон-11 и фреон-12 — газы, выделяющиеся, в частности, при испарении аэрозольных препаратов. Поскольку ХФМ очень инертны, то они распространяются и долго живут не только в тропосфере, но и в стратосфере.

В заключение можно отметить, что все эти антропогенные эффекты перекрываются в глобальном масштабе естественными факторами — например, загрязнением атмосферы, вулканическими извержениями.

Шумы. Это одно из вредных для человека загрязнений атмосферы. Раздражающее

воздействие звука (шума) на человека зависит от интенсивности, спектрального состава и продолжительности воздействия. Шумы со сплошными спектрами действуют менее раздражающе, чем шумы узкого интервала частот. Наибольшее раздражение вызывает шум в диапазоне частот 3000-5000 Гц.

Работа в условиях повышенного шума на первых порах вызывает быструю утомляемость, обостряет слух на высоких частотах. Затем человек как бы привыкает к шуму, чувствительность к высоким частотам резко падает, начинается ухудшение слуха, которое постепенно переходит в тугоухость и глухоту. При интенсивности шума 125-140 дБ возникают вибрации в мягких тканях носа и горла, а также в костях черепа и зубах; если интенсивность превышает 140 дБ, то начинают вибрировать грудная клетка, мышцы рук и ног; появляется боль в ушах и в голове, развиваются крайняя усталость и раздражительность. При уровне шума свыше 160 дБ может произойти разрыв барабанных перепонки.

Однако шум губительно действует не только на слуховой аппарат, но и на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы человека, служит причиной многих других заболеваний.

Мощным источником шума являются вертолеты и самолеты, особенно сверхзвуковые. Наиболее острый характер проблема шума приобрела в связи с эксплуатацией сверхзвуковых самолетов. С ними связаны шумы, звуковой удар и вибрация жилищ вблизи аэропортов. Современные сверхзвуковые самолеты порождают шумы, интенсивность которых значительно превышает предельно допустимые нормы.

Влияние загрязнения атмосферы на человека, растительный и животный мир.

Все загрязняющие атмосферный воздух вещества в большей или меньшей степени оказывают отрицательное влияние на здоровье человека. Эти вещества попадают в организм преимущественно через дыхательную систему. Органы дыхания страдают от загрязнения непосредственно, поскольку до 50 % частиц радиусом 0,01-0,1 мкм, проникающих в легкие, осаждаются в них.

В организме частицы вызывают токсический эффект, поскольку они:

- токсичны (ядовиты) по своей химической или физической природе;
- служат помехой для одного или нескольких механизмов, с помощью которых нормально очищается респираторный (дыхательный) тракт;
- являются носителями поглощенного организмом ядовитого вещества.

В некоторых случаях воздействие одних загрязняющих веществ в комбинации с другими приводит к более серьезным расстройствам здоровья, чем воздействие каждого из них в отдельности. Большую роль играет продолжительность воздействия.

Статистический анализ позволил достаточно надежно установить зависимость между уровнем загрязнения воздуха и такими заболеваниями, как поражение верхних дыхательных путей, сердечная недостаточность, бронхит, астма, пневмония, эмфизема легких, а также болезни глаз. Резкое повышение концентрации примесей, сохраняющееся в течение нескольких дней, увеличивает смертность людей пожилого возраста от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний.

Оксид углерода. Концентрация CO, превышающая предельно допустимую, приводит к физиологическим изменениям в организме человека. Объясняется это тем, что CO — исключительно агрессивный газ, легко соединяющийся с гемоглобином. В результате реакции образуется карбоксигемоглобин, повышение содержания которого в крови (сверх нормы, равной 0,4 %) сопровождается:

- ухудшением остроты зрения и способности оценивать длительность интервалов времени;
- нарушением некоторых психомоторных функций головного мозга (при содержании 2-5 %);
- изменениями деятельности сердца и легких (при содержании более 5 %);
- головными болями, сонливостью, спазмами, нарушениями дыхания и в некоторых случаях смертью (при содержании более 10 %).

Степень воздействия оксида углерода на организм зависит не только от его концентрации, но и от времени пребывания (экспозиции) человека в загазованном CO воздухе. К счастью, образование карбоксигемоглобина в крови — процесс обратимый: после прекращения вдыхания CO начинается его постепенный вывод из крови; у здорового человека содержание CO в крови каждые 3-4 ч уменьшается в 2 раза.

Оксид углерода — очень стабильное вещество, время его жизни в атмосфере составляет 2-4 мес. При ежегодном поступлении 350 млн т концентрация CO в атмосфере должна была бы увеличиваться примерно на 30 тыс. т/год. Однако этого, к счастью, не наблюдается, чем человечество обязано, в основном, почвенным грибам, очень активно разлагающим CO (положительную роль играет также переход CO в CO<sub>2</sub>).

Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) и серный ангидрид (SO<sub>3</sub>) в комбинации со взвешенными частицами и влагой оказывают наиболее вредное воздействие на живые организмы. SO<sub>2</sub> — бесцветный и негорючий газ; в смеси с твердыми частицами (при концентрации дыма 150-200 мкг/м<sup>3</sup>) приводит к нарастанию симптомов затрудненного дыхания и обострению болезней легких, а при концентрации дыма 500-750 мкг/м<sup>3</sup> резко увеличивается число больных и повышается количество смертельных исходов. Оксиды азота и некоторые другие вещества. Оксиды азота (наиболее ядовит — NO<sub>2</sub>), соединяясь при участии ультрафиолетовой солнечной радиации с углеводородами (среди которых наибольшей реакционной способностью обладают олефины), образуют пероксил-ацетилнитрат (ПАН) и другие фотохимические окислители, в том числе пероксибензоил-нитрат (ПБН), озон (O<sub>3</sub>), перекись водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), NO<sub>2</sub>. Эти окислители — основные составляющие смога, который часто возникает в сильно загрязненных городах, расположенных в низких широтах северного и южного полушарий.

Оценка скорости фотохимических реакций, приводящих к образованию ПАН, ПБН и озона, показывает, что в ряде южных городов летом в околополуденные часы (когда велик приток ультрафиолетовой радиации) эти скорости превосходят значения, при которых начинает образовываться смог. Так, в Алматы, Ереване, Тбилиси, Ашхабаде, Баку, Одессе и других городах при наблюдаемых уровнях загрязнения воздуха максимальная скорость образования CO достигала 0,70-0,86 мг/м<sup>3</sup> в час, в то время как смог возникает уже при скорости 0,35 мг/м<sup>3</sup> в час.

При высокой концентрации ПАН выпадает на землю в виде клейкой жидкости, губительно действующей на растительный покров.

Все окислители — в первую очередь ПАН и ПБН — сильно раздражают слизистую оболочку глаз и вызывают воспаление. В комбинации с озоном эти вещества раздражают носоглотку, приводят к спазмам сосудов, а при высокой концентрации (свыше 3-4 мг/м<sup>3</sup>) вызывают сильный кашель.

Назовем некоторые другие загрязняющие воздух вещества, вредно действующие на

человека. Установлено, что у людей, профессионально имеющих дело с асбестом, повышена вероятность раковых заболеваний. Бериллий оказывает вредное воздействие на дыхательные пути, а также на кожу и глаза. Пары ртути нарушают работу центральной нервной системы и почек. Поскольку ртуть может накапливаться в организме, то в конечном итоге ее воздействие приводит к расстройству умственных способностей человека.

В городах вследствие увеличивающегося загрязнения воздуха неуклонно растет число больных, страдающих хроническим бронхитом, эмфиземой, раком легких, различными аллергическими заболеваниями.

Влияние радиоактивных веществ на живые организмы. Некоторые химические элементы радиоактивны: процесс их самопроизвольного распада с превращением в элементы с другими порядковыми номерами сопровождается излучением. При распаде радиоактивного вещества (РВ) его масса с течением времени уменьшается. Теоретически вся масса радиоактивного элемента исчезает за бесконечно большое время.

Периодом полураспада называется время, по истечении которого масса уменьшается вдвое. Период полураспада для разных РВ варьирует в широких пределах, составляя от нескольких часов до миллиардов лет.

Борьба с радиоактивным загрязнением среды может носить лишь предупредительный характер, поскольку не существует способов биологического разложения и других механизмов, позволяющих нейтрализовать этот вид заражения природной среды. Наибольшую опасность представляют РВ с периодом полураспада от нескольких недель до нескольких лет: этого времени достаточно для проникновения таких веществ в организм растений и животных.

Распространяясь по пищевой цепи (от растений к животным), РВ поступают в организм человека вместе с продуктами питания и могут накапливаться в количестве, способном нанести вред здоровью.

Наиболее опасны среди РВ изотопы стронция ( $^{90}\text{Sr}$ ) и цезия ( $^{137}\text{Cs}$ ), они образуются при ядерных взрывах в атмосфере, а также поступают в окружающую среду с отходами атомной промышленности. Благодаря химическому сходству с кальцием  $^{90}\text{Sr}$  легко проникает в костную ткань позвоночных, тогда как  $^{137}\text{Cs}$  накапливается в мышцах.

Излучение РВ оказывает губительное воздействие на организм человека — ослабляет иммунитет, снижает сопротивляемость инфекциям. Результатом является уменьшение продолжительности жизни, сокращение показателей естественного прироста населения вследствие временной или полной стерилизации. Отмечено поражение генов, при этом последствия проявляются лишь в последующих — втором или третьем — поколениях.

Тяжесть последствий облучения зависит от количества поглощенной организмом энергии, излученной радиоактивным веществом (радиации). Единицей этой энергии служит 1 рад — доза облучения, при которой 1 г живого вещества поглощает 10-5 Дж энергии.

Установлено, что при дозе, превышающей 1000 рад, наступает смерть; в случае получения дозы величиной 100 рад человек выживает, однако значительно возрастает вероятность возникновения онкозаболевания, а также полной стерилизации.

Наибольшее загрязнение вследствие радиоактивного распада вызвали взрывы атомных и водородных бомб, испытание которых особенно широко проводилось в

1954-1962 гг.

Второй источник радиоактивных примесей — атомная промышленность. Примеси поступают в окружающую среду при добыче и обогащении ископаемого сырья, использовании его в реакторах, переработке ядерного горючего в установках.

Наиболее серьезное загрязнение среды связано с работой заводов по обогащению и переработке атомного сырья. Для дезактивации радиоактивных отходов до их полной безопасности необходимо время, равное примерно 20 периодам полураспада (это около 640 лет для  $^{137}\text{Cs}$  и 490 тыс. лет для  $^{239}\text{Pu}$ ). Вряд ли можно поручиться за герметичность контейнеров, в которых отходы хранятся в течение столь длительного времени.

Таким образом, хранение отходов атомной энергетики — это наиболее острая проблема охраны окружающей среды от радиоактивного заражения. Теоретически, правда, возможно создание атомных электростанций с практически нулевым выбросом радиоактивных примесей. Но в этом случае производство энергии на атомной станции оказывается существенно более дорогим, чем на тепловой электростанции.

Поскольку производство энергии, основанное на ископаемом топливе (уголь, нефть, газ), также сопровождается загрязнением среды, а запасы такого топлива ограничены, большинство исследователей, занимающихся проблемами энергетики и охраны среды, пришли к выводу: атомная энергетика способна не только удовлетворить возрастающие потребности общества в энергии, но и обеспечить охрану природной среды и человека лучше, чем это может быть осуществлено при производстве такого же количества энергии на основе химических источников (сжиганием углеводородов). При этом особое внимание следует уделить мероприятиям, исключающим риск радиоактивного загрязнения среды (в том числе и в отдаленном будущем), в частности, необходимо обеспечить независимость органов по контролю за выбросами от ведомств, ответственных за производство атомной энергии.

Предельно допустимая доза ионизирующей радиации не должна превышать удвоенного среднего значения дозы облучения, которому человек подвергается в естественных условиях. При этом предполагается, что люди хорошо приспособились к естественной радиоактивности среды. В среднем доза ионизирующей радиации, получаемой за год каждым жителем планеты, колеблется между 50 и 200 мрад.

Известны группы людей, которые живут в районах с высокой радиоактивностью, значительно превышающей среднюю на нашей планете (так, в одном из районов Бразилии жители за год получают около 1600 мрад, что в 10-20 раз больше средней дозы облучения).

Последствия Чернобыльской аварии до сих пор сказываются на жизни миллионов граждан России, Украины и Беларуси, и международная помощь в решении порожденных ею долгосрочных проблем остается крайне необходимой. Об этом говорилось в отчете ООН «Последствия атомной аварии на Чернобыльской АЭС для жизни людей — стратегия восстановления».

В результате Чернобыльской аварии радиоактивному заражению подверглась значительная часть территорий Беларуси, Украины и России. Уровень радиоактивного загрязнения этих территорий значительно превышает естественную радиоактивность среды. При этом отмечается очаговость зон радиоактивного загрязнения, т. е. участки с высоким уровнем радиоактивности соседствуют с незараженными участками.

По данным Министерства здравоохранения Украины, из 800 тыс. принимавших участие

в ликвидации последствий аварии 25 тыс. уже умерли. Около 200 тыс. человек продолжают проживать на территориях с высоким уровнем радиоактивного загрязнения.

---

### 1.2. Загрязнение естественных водоемов и океанов

Вода — важнейший минерал на Земле, который нельзя заменить никаким другим веществом. Она составляет большую часть любых организмов — растительных и животных. Вода является средой обитания многих организмов, определяет климат и изменение погоды, способствует очищению атмосферы от вредных веществ, растворяет, выщелачивает горные породы и минералы, транспортирует их из одних мест в другие и т. д. Для человека вода имеет важное производственное значение: она и транспортный путь, и источник энергии, и сырье для получения продукции, и охладитель двигателей, и очиститель, и др.

Проблема сохранения качества воды является на данный момент самой актуальной. Науке известно более 2,5 тыс. загрязнителей природных вод, пагубно влияющих на здоровье населения, ведущих к гибели рыб, водоплавающих птиц и животных, а также к гибели растительного мира водоемов. При этом опасны для водных экосистем не только ядовитые химические, нефтяные загрязнения и избыток органических и минеральных веществ, поступающих со смывом удобрений с полей. Серьезным аспектом загрязнения водного бассейна Земли является тепловое загрязнение — сброс подогретой воды с промышленных предприятий и тепловых электростанций в реки и озера.

Использование воды из естественных водоемов в качестве охладителя. Наиболее крупные проблемы термального загрязнения связаны с тепловыми электростанциями. Выработка электричества с помощью пара неэффективна, поскольку в этом случае используется 37-39 % энергии, заключенной в угле, и 31 % ядерной энергии. Но несмотря на все недостатки, тепловые электростанции продолжают существовать.

Большая часть энергии топлива, которая не может быть превращена в электричество, теряется в виде тепла. Простейшим способом избавления от этого тепла является выброс его в атмосферу. Однако более экономичный путь состоит в использовании в качестве охладителя воды с ее способностью аккумулировать огромное количество

тепла с незначительным повышением собственной температуры, чтобы затем она сама постепенно отдавала тепло в воздух.

Серьезную экологическую проблему представляет прямая прокачка пресной озерной или речной воды через охладитель, и последующее ее возвращение в естественные водоемы происходит без предварительного охлаждения.

Электростанции могут повышать температуру воды водоемов на 5-15 °С: если изначально температура составляет +16 °С, то отработанная на станции вода будет иметь температуру от +22 до +28 °С. В летний период она может достигнуть +30...+36 °С.

Последствия теплового загрязнения естественных водоемов. Повышение температуры в водоемах пагубно влияет на жизнь водных организмов. В процессе эволюции холоднокровные обитатели водной среды приспособились к определенному интервалу температур. Для каждого вида существует температурный оптимум, который на определенных стадиях жизненного цикла может изменяться. Это позволяет организмам приспосабливаться к более высоким или более низким температурам. Большая часть водных организмов быстрее приспосабливается к жизни в более теплой воде, нежели в более холодной. Однако способность к адаптации не имеет абсолютных максимальных или минимальных пределов и меняется в зависимости от вида.

В естественных условиях при медленных повышениях или понижениях температур рыбы и другие водные организмы постепенно приспосабливаются к изменениям температуры окружающей среды. Но в результате сброса в реки и озера горячих стоков с промышленных предприятий очень быстро устанавливается новый температурный режим, времени для акклиматизации не хватает, живые организмы получают тепловой шок и погибают.

Тепловой шок — это крайний результат теплового загрязнения. Результатом сброса в водоемы нагретых стоков могут быть и иные, более серьезные, последствия. Одним из них является влияние на процессы обмена веществ. Согласно закону Вант-Гоффа, скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза с повышением температуры на каждые 10 °С. Поскольку температура тела холоднокровных организмов регулируется температурой окружающей водной среды, повышение температуры воды усиливает скорость обмена веществ у рыб и водных беспозвоночных. В свою очередь, это повышает их потребность в кислороде. В результате же возрастания температуры воды содержание в ней кислорода падает. Нехватка кислорода вызывает жестокий физиологический стресс и даже смерть.

В летнее время повышение температуры воды всего на несколько градусов может вызвать 100%-ную гибель рыб и беспозвоночных, особенно тех, которые обитают у южных границ температурного интервала. Искусственное подогревание воды может существенно изменить и поведение рыб — вызвать несвоевременный нерест, нарушить миграцию. Если разрушающая сила электростанций превышает способность видов к самовосстановлению, популяция приходит в упадок.

Повышение температуры воды способно нарушить структуру подводного растительного мира. Характерные для водоемов с холодной водой водоросли заменяются более теплолюбивыми и при возрастании температур постепенно ими вытесняются — вплоть до полного исчезновения.

Если тепловое загрязнение усугубляется поступлением в водоем органических и минеральных веществ (смыв удобрений с полей, навоза с ферм, бытовые стоки),

происходит процесс эвтрофикации, т. е. резкого повышения продуктивности водоема. Азот и фосфор, служа питанием для водорослей, в том числе микроскопических, позволяют последним резко усилить свой рост. Размножившись, они начинают закрывать друг другу свет, в результате чего происходит их массовое отмирание и гниение. Процесс сопровождается ускоренным потреблением кислорода: он может оказаться полностью исчерпанным, а это грозит гибелью всей экосистемы.

Кроме того, что электростанции способны изменять среду обитания водных организмов, они могут оказывать на них и физическое влияние. Соленая вода, используемая для охлаждения, оказывает значительное коррозирующее влияние на металлические поверхности и вызывает высвобождение ионов металлов, особенно меди, в воду. Ракушечные животные накапливают медь в таких количествах, что становятся опасными при использовании их в пищу.

Все перечисленные выше последствия теплового загрязнения водоемов наносят огромный вред природным экосистемам и приводят к пагубному изменению среды обитания человека. Ущерб в результате теплового загрязнения можно условно разделить на несколько направлений:

- экономический (потери вследствие снижения продуктивности водоемов, затраты на ликвидацию последствий от загрязнения);
- социальный (эстетический ущерб вследствие деградации ландшафтов);
- экологический (необратимые разрушения уникальных экосистем, исчезновение видов, генетический ущерб).

Технологические пути решения проблемы охлаждения на электростанциях.

Вместо того, чтобы использовать в качестве охладителя воду из естественных водоемов, можно применять существующий метод испарительных, или охладительных, башен, позволяющий решить данную проблему без вреда для окружающей среды. Электростанция не спускает нагретую воду в реку, а перекачивает ее в нижнюю часть 90-150-метровой охладительной башни со скошенными стенками.

Нагретая вода из труб разбрызгивается на водоуловитель и охлаждается, стекая через ряд перегородок и планок. Температурные и атмосферные различия, созданные нагретой водой, вызывают приток воздуха, - который всасывается снизу, проходит между планками и перегородками и выходит через верхнее отверстие башни. Вода скапливается в бассейне под днищем башни и вновь возвращается в конденсатор. Незначительная часть воды — около 2,8-4,0 % — теряется при испарении.

Другой тип охладительной башни — это испаряющая циркуляционная сухая колонна. В ней используются воздушно-охладительные батареи, через которые при помощи естественной тяги или механических вентиляторов, приводимых в действие самой станцией, проходят большие объемы воздуха. Потери воды на испарение в такой колонне отсутствуют.

При использовании охладительных башен полностью исключается тепловое загрязнение среды, но данное природоохранное мероприятие требует определенных материальных затрат.

Нефть и нефтепродукты. Нефть представляет собой вязкую маслянистую жидкость, имеющую темно-коричневый цвет и обладающую слабой флуоресценцией. Нефть состоит преимущественно из насыщенных алифатических и гидроароматических углеводородов. Основные компоненты нефти — углеводороды (до 98 %) — подразделяются на 4 класса:



Парафины (до 90 % от общего состава) — устойчивые вещества, в молекулах которых атомы углерода соединены в прямые и разветвленные цепи. Легкие парафины обладают максимальной летучестью и растворимостью в воде.

Циклопарафины (30-60 % от общего состава) — насыщенные циклические соединения, у которых атомы углерода (3 и более) замкнуты в кольцо. Кроме циклопентана и циклогексана, в нефти встречаются бициклические и полициклические соединения этой группы. Они очень устойчивы и плохо поддаются биоразложению.

Ароматические углеводороды (20-40 % от общего состава) — ненасыщенные циклические соединения ряда бензола, содержащие кольцо с 6 атомами углерода. В нефти присутствуют летучие соединения с молекулой в виде одинарного кольца (бензол, толуол, ксилол), а также бициклические (нафталин), полициклические (пирен).

Олефины (до 10 % от общего состава) — ненасыщенные нециклические соединения с одним или двумя атомами водорода у каждого атома углерода в молекуле, имеющей прямую или разветвленную цепь.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющими веществами в Мировом океане. К началу 80-х гг. в океан ежегодно попадало около 6 млн т нефти. Наибольшие потери нефти связаны с ее транспортировкой из районов добычи. Аварийные ситуации, слив за борт танкерами промывочных и балластных вод — все это обуславливает присутствие постоянных полей загрязнения на трассах морских путей.

За последние 40 лет, начиная с 1964 г., в Мировом океане пробурено около 2 тыс. скважин, из них только в Северном море оборудовано 1350. Вследствие утечек ежегодно теряется 0,1 млн т нефти. Большие массы нефтепродуктов поступают в моря по рекам, с бытовыми и ливневыми стоками. Объем загрязнений из этого источника составляет 2 млн т/год. Со стоками промышленности ежегодно теряется 0,5 млн т нефти.

При попадании в морскую среду нефть сначала растекается в виде пленки, образуя слои различной мощности. По цвету пленки можно определить ее толщину, а эта величина дает возможность установить количество нефти в воде (табл. 1). Нефтяная пленка изменяет состав спектра и интенсивность проникновения в воду света. Поглощение света тонкими пленками сырой нефти составляет 1-10 % (для длины световой волны 280 нм), 60-70 % (400 нм). Пленка толщиной 30-40 мкм полностью поглощает инфракрасное излучение.

Смешиваясь с водой, нефть образует эмульсию двух типов: прямую (“нефть в воде”) и обратную (“вода в нефти”). Прямые эмульсии, составленные из капелек нефти диаметром

Таблица 1 Определение количества нефти в морской воде по толщине пленки

Внешний вид

Толщина, мкм

Количество нефти, л/км<sup>2</sup>

Едва заметна

0,038

44

Серебристый отблеск

0,076

88

Следы окраски

0,152

176

Разводы:

яркоокрашенные

0,305

352

тусклоокрашенные

1,016

1170

темноокрашенные

2,032

2310

до 0,5 мкм, менее устойчивы и характерны для нефтей, содержащих поверхностно-активные вещества. При удалении летучих фракций нефть образует вязкие обратные эмульсии, которые могут сохраняться на поверхности, переноситься течением, выбрасываться на берег и оседать на дно.

Пестициды. Это группа искусственно созданных веществ, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений. Пестициды подразделяют на следующие группы:

- инсектициды — для борьбы с вредными насекомыми;
- фунгициды и бактерициды — против грибковых и бактериальных болезней растений;
- гербициды — для уничтожения сорных растений.

Установлено, что пестициды, уничтожая вредителей, наносят вред многим полезным организмам и подрывают здоровье биоценозов. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химических (загрязняющих среду) к биологическим (экологически чистым) методам борьбы с вредителями.

Промышленное производство пестицидов сопровождается появлением большого количества побочных продуктов, загрязняющих сточные воды. В водной среде чаще других встречаются представители инсектицидов, фунгицидов и гербицидов.

Синтезированные инсектициды подразделяются на три основных группы: хлорорганические, фосфорорганические и карбонаты. Хлорорганические инсектициды получают путем хлорирования ароматических и гетероциклических жидких углеводородов. К ним относятся ДЦТ и его производные, в молекулах которых устойчивость алифатических и ароматических групп в совместном присутствии возрастает, а также всевозможные хлорированные производные хлородиена (элдрин). Эти вещества имеют период полураспада до нескольких десятков лет и очень устойчивы к биодеградации.

В водной среде часто встречаются полихлорбифенилы — производные ДДТ без алифатической части, насчитывающие 210 гомологов и изомеров. За последние 40 лет использовано более 1,2 млн т полихлорбифенилов в производстве пластмасс, красителей, трансформаторов, конденсаторов. Полихлорбифенилы (ПХБ) попадают в окружающую среду в результате сбросов промышленных сточных вод и сжигания твердых отходов на свалках. Последний источник поставляет ПХБ в атмосферу, откуда они с атмосферными осадками выпадают во всех районах земного шара.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), или детергенты, относятся к обширной группе веществ, понижающих поверхностное натяжение воды. Они входят в состав синтетических моющих средств (СМС), широко применяемых в быту и промышленности. Вместе со сточными водами СПАВ попадают в материковые воды и морскую среду.

СМС содержат полифосфаты натрия, в которых растворены детергенты, а также ряд добавочных ингредиентов, токсичных для водных организмов: ароматизирующие вещества, отбеливающие реагенты (персульфаты, пербораты), кальцинированную соду,

карбоксиметилцеллюлозу, силикаты натрия. В зависимости от природы и структуры гидрофильной части молекулы СПАВ делятся на анион- и катионактивные, амфотерные и неионогенные. Последние не образуют ионов в воде. Наиболее распространенными среди СПАВ являются анионактивные вещества. На их долю приходится более 50 % всех производимых в мире СПАВ.

Присутствие СПАВ в промышленных сточных водах связано с использованием их в таких процессах, как флотационное обогащение руд, разделение продуктов химических технологий, получение полимеров, улучшение условий бурения нефтяных и газовых скважин, борьба с коррозией оборудования. В сельском хозяйстве СПАВ применяются в составе пестицидов.

Соединения с канцерогенными свойствами. Канцерогенные вещества — это химически однородные соединения, проявляющие трансформирующую активность и способность вызывать канцерогенные, тератогенные (нарушение процессов эмбрионального развития) или мутагенные изменения в организме. В зависимости от условий воздействия они могут приводить к ингибированию роста, ускорению старения, нарушению индивидуального развития и изменению генофонда организмов. К веществам, обладающим канцерогенными свойствами, относятся хлорированные алифатические углеводороды, винилхлорид неособенно, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).

Максимальное количество ПАУ в осадках Мирового океана (более 100 мкг/кг массы сухого вещества) обнаружено в тектонически активных зонах, подверженных глубинному термическому воздействию. Основные антропогенные источники ПАУ в окружающей среде — это пиролиз органических веществ при сжигании различных материалов, древесины и топлива.

Тяжелые металлы. Ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк являются Тяжелыми металлами и относятся к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. Они широко применяются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистные мероприятия, содержание соединений тяжелых металлов в промышленных сточных водах довольно высокое. Большое количество соединений поступает в океан через атмосферу. Для морских биоценозов наиболее опасны ртуть, свинец и некоторые другие.

Ртуть переносится в океан с материковым стоком и через атмосферу. При выветривании осадочных и магматических пород ежегодно выделяется 3,5 тыс. т ртути. В составе атмосферной пыли содержится около 12 тыс. т ртути, причем значительная часть — антропогенного происхождения. Около половины годового промышленного производства этого металла (910 тыс. т/год) различными путями попадает в океан. В районах, загрязняемых промышленными водами, концентрация ртути в растворе и взвешях сильно повышается. При этом некоторые бактерии переводят хлориды в высокотоксичную метил ртуть. Заражение морепродуктов неоднократно приводило к ртутному отравлению прибрежного населения. К 1977 г. насчитывалось 2800 жертв болезни Миномата, причиной которой послужили отходы предприятий по производству хлорвинила и ацетальдегида, на которых в качестве катализатора использовалась хлористая ртуть. Недостаточно очищенные сточные воды предприятий поступали в залив Миномата (Япония).

Свинец — элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Свинец активно

рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека. Это выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью предприятий, с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Миграционный поток свинца с континента в океан идет не только с речными стоками, но и через атмосферу. С континентальной пылью океан получает 20-30 т свинца в год.

Сброс отходов в море с целью захоронения. Многие страны, имеющие выход к морю, производят морские захоронения различных материалов и веществ, в частности, грунта, вынутого при дноуглубительных работах, бурового шлака, отходов промышленности, строительного мусора, твердых отходов, взрывчатых и химических веществ, радиоактивных отходов. Объем захоронений (дампинга) составляет около 10 % от всей массы загрязняющих веществ, поступающих в Мировой океан.

Основанием для дампинга (от англ. dumping — сваливание в отвал) служит способность морской среды к переработке большого количества органических и неорганических веществ без особого ущерба для воды. Однако возможности среды не беспредельны. Поэтому дампинг рассматривается как вынужденная мера вследствие несовершенства технологий.

В шлаках промышленных производств присутствуют разнообразные органические вещества и соединения тяжелых металлов. Бытовой мусор в среднем содержит (на массу сухого вещества) 32-40 % органических веществ, 0,56 % азота, 0,44 % фосфора, 0,155 % цинка, 0,085 % свинца, 0,001 % ртути, 0,001 % кадмия. Во время сброса (прохождения материала сквозь столб воды) часть загрязняющих веществ переходит в раствор, изменяя качество воды, другая сорбируется частицами взвеси и переходит в донные отложения. Одновременно повышается мутность воды. Наличие органических веществ часто приводит к быстрому расходованию кислорода в воде и даже к его полному исчезновению, растворению взвесей, накоплению металлов в растворенной форме, появлению сероводорода.

Присутствие большого количества органических веществ создает в грунтах устойчивую восстановительную среду, в которой возникает особый тип иловых вод, содержащих сероводород, аммиак, ионы металлов. Воздействию сбрасываемых материалов в разной степени подвергаются обитающие в воде организмы. В случае образования поверхностных пленок, содержащих нефтяные углеводороды и СПАВ, нарушается газообмен на границе воздух - вода.

Загрязняющие вещества могут аккумулироваться в тканях и органах гидробионтов (морских живых организмов) и оказывать токсическое воздействие на них. Сброс материалов на дно и длительная повышенная мутность придонной воды приводят к гибели от удушья малоподвижных форм бентоса. У выживших рыб, моллюсков и ракообразных сокращается скорость роста за счет ухудшения условий питания и дыхания. Нередко изменяется видовой состав данного сообщества.

При организации системы контроля за сбросами отходов в море решающее значение имеет местонахождение районов дампинга, определение динамики загрязнения морской воды и донных отложений. Для определения максимально возможных объемов сброса в море необходимо проводить расчеты всех загрязняющих веществ в составе валового сброса.

Итак, эффекты антропогенного воздействия на водную среду проявляются на индивидуальном и популяционно-биоценотическом уровнях. Длительное действие загрязняющих веществ приводит к обеднению экосистемы.

### 1.3. Проблема опустынивания

Опустынивание является на данный момент одной из значимых глобальных проблем. Во время распашки полей мириады частиц плодородного почвенного покрова поднимаются в воздух, рассеиваются, уносятся с полей потоками воды, осаждаются в новых местах, в громадных количествах безвозвратно уносятся в Мировой океан. Естественный процесс разрушения водой и ветром верхнего слоя почвы, смыва и развеивания его частиц многократно усиливается и ускоряется, когда люди распахивают слишком много земель и не дают почве “отдохнуть”.

Под воздействием живых организмов, воды и воздуха на поверхностных слоях литосферы постепенно образуется важнейшая экосистема, тонкая и хрупкая, — почва, которую называют “кожей Земли”. Это хранительница плодородия и жизни. Горсть хорошей почвы содержит миллионы микроорганизмов, поддерживающих плодородие. Чтобы образовался слой почвы толщиной в 1 см, требуется столетие. Этот слой может быть потерян навсегда за один полевой сезон. По оценкам геологов, до того как люди начали заниматься сельскохозяйственной деятельностью, пасти скот и распахивать земли, реки ежегодно сносили в Мировой океан около 9 млрд т почвы. Ныне это количество оценивают примерно в 25 млрд т.

Почвенная эрозия — сугубо местное явление — ныне приобрела всеобщий характер, особенно велика она в самых больших и густонаселенных странах. В США, например, около 44 % обрабатываемых земель подвержено эрозии. В России полностью исчезли уникальные богатые черноземы с содержанием гумуса 14—16 %, которые называли цитаделью русского земледелия; площади самых плодородных земель с содержанием гумуса 10-13 % сократились почти в 5 раз. Река Хуанхэ в Китае ежегодно сносит в Мировой океан около 2 млрд т почвы.

Почвенная эрозия не только уменьшает плодородие и снижает урожайность: вследствие этого процесса гораздо быстрее, чем обычно предусматривается в проектах, заиливаются искусственно сооружаемые водные резервуары, сокращаются возможности орошения, получения электроэнергии от гидроэлектростанций.

Особенно тяжелая ситуация возникает, когда сносится не только почвенный слой, но и материнская порода, на которой он развивается. Тогда наступает порог необратимого разрушения, возникает антропогенная пустыня. Поразительную картину представляет

собой плато Шиллонг в районе Черапунджи, расположенное на северо-востоке Индии. Это самое дождливое место в мире, где в среднем за год выпадает больше 12 тыс. мм осадков. Но в сухой сезон, когда прекращаются муссонные ливни (в октябре-мае), район Черапунджи напоминает пустыню. Почвы на склонах плато практически смыты, обнажились бесплодные песчаники.

Один из самых глобальных и быстротечных процессов современности — расширение опустынивания, падение и — в самых крайних случаях — полное уничтожение биологического потенциала Земли, что приводит к условиям, аналогичным условиям естественной пустыни.

Естественные пустыни и полупустыни занимают более 1/3 земной поверхности. На этих землях проживает около 15 % населения мира. Пустыни — территории с крайне засушливым континентальным климатом, обычно получающие в среднем всего 150-175 мм осадков за год. Испарение с них гораздо выше, чем их увлажнение. Наиболее обширные массивы пустынь располагаются по обе стороны от экватора, между 15 и 45° с. ш., а в Средней Азии пустыни достигают 50° с. ш.

Пустыни — это естественные образования, играющие определенную роль в общей экологической сбалансированности ландшафтов планеты. Однако в результате деятельности человека к концу XX в. появилось еще свыше 9 млн км<sup>2</sup> пустынь, а всего они охватили уже 43 % общей площади суши.

В 90-х гг. опустынивание стало угрожать засушливым землям. Их насчитывается 3,6 млн га, что составляет 70 % потенциально продуктивных засушливых земель или 1/4 общей площади поверхности суши, причем эти данные не включают площадь естественных пустынь.

Около 1/6 населения мира страдает от процесса опустынивания. Он происходит в разных климатических условиях, но особенно бурно — в жарких, засушливых районах. В Африке находится почти треть всех аридных областей мира; они широко распространены также в Азии, Латинской Америке и Австралии. В среднем за год 6 млн га обрабатываемых земель подвергаются опустыниванию (полностью разрушаются), кроме того, свыше 20 млн га земель снижают свою продуктивность. Такова скорость приближения к порогу необратимого разрушения.

Как считают эксперты ООН, современные потери продуктивных земель привели к тому, что к настоящему времени мир лишился почти 1/3 своих пахотных земель. Такая потеря в период значительного роста населения и увеличения потребности в продовольствии может стать поистине губительной для человечества.

Опустынивание — это процесс деградации всех природных систем жизнеобеспечения: чтобы выжить, местное население должно или получать помощь со стороны, или уйти в поисках земель, пригодных для жизни. В мире все больше людей становятся экологическими беженцами.

Процесс опустынивания обычно вызывается совокупным действием природы и человека. Особенно губительно это действие в аридных районах со свойственными им хрупкими, легкоразрушающимися экосистемами. Уничтожение скудной растительности вследствие чрезмерного выпаса скота, вырубки деревьев и кустарников, а также распашка земель, мало пригодных для земледелия, и другие виды хозяйственной деятельности, нарушающие неустойчивое равновесие в природе, многократно усиливают действие ветровой эрозии, иссушение верхних слоев почвы. Резко нарушается водный баланс, снижается уровень грунтовых вод, пересыхают колодцы.



Разрушается структура почв, усиливается их насыщение минеральными солями. Вследствие избыточной хозяйственной нагрузки сложно организованные бассейново-речные системы превращаются в примитивные пустынные ландшафты.

Опустынивание и опустошение могут возникнуть в любых климатических условиях как результат разрушения природной системы. Но в аридных областях “двигателем” опустынивания становится еще и засуха. В истории человечества есть примеры того, как опустынивание, развивающееся в результате неумелой и неумеренной хозяйственной деятельности, разрушало целые цивилизации.

Основное отличие опыта истории от сегодняшнего дня состоит в темпах и масштабах. Чрезмерно активная хозяйственная деятельность, ущерб от которой накапливался столетиями и даже тысячелетиями, ныне оказалась спрессованной в десятилетия. Если раньше под слоем песка погибали отдельные города, то теперь процесс опустынивания, зарождаясь в различных местах и имея разное региональное проявление, принял глобальные масштабы. Накопление в атмосфере углекислого газа, усиление запыленности и задымленности атмосферы ускоряют аридизацию суши. Этот процесс охватывает не только аридные области. Расширение площади пустынь способствует возникновению сухих климатических условий, которые, вероятно, в большой мере учащают многолетние засухи. Темпы расширения границ пустыни в Африке составляют до 10 км/год.

Сахель (араб, берег, окраина) — переходная зона шириной до 400 км, которая простирается от пустыни Сахара к югу до саванн Западной Африки. В конце 60-х гг. в этой зоне началась многолетняя засуха, которая достигла апогея в 1973 г. В результате в африканских странах сахельской зоны — Сенегале, Гамбии, Мавритании, Мали и др. — погибло около 250 тыс. человек. Произошел и массовый падеж скота, а между тем скотоводство составляет основу хозяйственной деятельности и является источником существования большинства населения этих районов. Пересохли многие колодцы и даже такие крупные реки, как Нигер и Сенегал. Площадь озера Чад сократилась на 1/3. В 80-х гг. бедствия, приносимые засухой и опустыниванием, приобрели в Африке общеконтинентальные масштабы. В 1985 г. в Африке погибло около 1 млн ее жителей, 10 млн человек стали “экологическими беженцами”. Последствия этих процессов испытывают 34 африканские страны и 150 млн людей.

Судьба лесов и история человечества на всех континентах всегда были взаимосвязаны. Леса служили основным источником продовольствия для первобытных общин, живших охотой и собирательством. Они являлись источником топлива и строительных материалов для сооружения жилищ. Леса служили убежищем для людей и, в большой мере, основой их экономической деятельности. Жизнь лесов и жизнь людей, связи между ними нашли отражение в культуре, мифологии, религии большинства народов мира. Около 10 тыс. лет назад, до зарождения сельскохозяйственной деятельности, покрытые лесом пространства занимали более 6 млрд га поверхности суши. К концу XX столетия их площадь сократилась почти на 1/3, и ныне они занимают лишь немногим более 4 млрд га. Во Франции, например, где леса изначально покрывали около 80 % территории, к концу XX в. их площадь сократилась до 14 %; в США лесами в начале XVII в. было покрыто почти 400 млн га, но уже к 1920 г. лесной покров был на 2/3 уничтожен.

Все рассмотренные аспекты влияют не только на общее благосостояние, но и на здоровье человечества.

### 1.4. Экология городов

В экологии, которая рассматривается в настоящее время как наиболее общее понятие по отношению к различным проблемам взаимодействия общества и окружающей среды, сформировались различные научные направления, в том числе — экология городов.

Экология города. В некотором приближении город можно сравнить с единым сложно устроенным организмом, который активно обменивается веществом и энергией с окружающими его природными и сельскохозяйственными территориальными комплексами и другими городами. Важно отметить, что город можно разделить на две основные подсистемы:

- территориальная общность людей (все горожане), которая составляет неотъемлемую часть города и является смыслом его существования;
- все материальные объекты.

Города служат центрами притяжения для людских и материальных ресурсов. В крупных и крупнейших городах концентрируются высококвалифицированные специалисты и рабочие, научная и творческая интеллигенция, а также хранятся огромные материальные, культурные, исторические и научные ценности. В города поступают промышленное сырье и полуфабрикаты, готовая продукция, плоды сельскохозяйственного производства. Одновременно города “экспортируют” промышленную продукцию, выбрасывают в окружающую среду огромное количество отходов. Они становятся центрами техногенных биогеохимических провинций. Фактически любой крупный город — как при “импорте” вещества и энергии, так и при “экспорте” готовой продукции и своих отходов — связан со всей планетой. Сырье, детали, станки и механизмы, продукты питания поступают в города (прямо или косвенно) из разных регионов и отправляются во многие страны мира. Выбрасываемые заводскими трубами больших городов химические вещества (например, тяжелые металлы) включаются в глобальный круговорот и выпадают на поверхность земли вплоть до ледников Антарктиды и Гренландии. Но наиболее существенное влияние города оказывают на свое непосредственное окружение.

Поступление веществ в города. Для нормального функционирования города нуждаются в разнообразных продуктах и сырье. Ниже приведены цифры поступления различных веществ в город с населением 1 млн человек (млн т/год):

Чистая вода

470,0

Воздух

50,2

Минерально-строительное сырье

10,0

Уголь

3,8

Сырая нефть

3,6

Сырье черной металлургии

3,5

Природный газ

1,7

Жидкое топливо

1,6

Горнохимическое сырье

1,5

Сырье цветной металлургии

1,2

Техническое растительное сырье

1,0

Сырье пищевой промышленности, готовые продукты питания

1,0

Энергохимическое сырье

0,22

Как видно из этих данных, больше всего город потребляет чистой воды. Большая часть

воды из города поступает в природные водотоки, но уже в виде сточных вод, загрязненных различными примесями.

В городах постоянно осуществляется сжигание топлива, которое сопровождается потреблением кислорода, идущего в первую очередь на окисление соединений водорода и углерода. Подсчеты показывают, что воздуха миллионный город в год потребляет около 50 млн т.

Следующий по величине поток поступающего в город-миллионер вещества — минерально-строительное сырье, которое служит источником поступления пыли в атмосферу.

Среди техногенных потоков важны различные виды топлива: уголь, сырая нефть, природный газ, жидкое топливо. Соотношение видов топлива может быть разным, но каждый город-миллионер получает в год до 7-8 млн т условного топлива.

Значительное место занимает поставка сырья для промышленных предприятий. В зависимости от индустриальной специализации города сырье может быть самым различным. Обобщенная модель миллионного города представляет собой полииндустриальный центр, в котором имеется и черная, и цветная металлургия.

Особое место занимают продукты, используемые в пищевой промышленности и поступающие непосредственно в продовольственные магазины, на рынки и предприятия общественного питания. Жители города потребляют за год около 1 млн т пищевых продуктов (с учетом отходов при обработке).

Таким образом, в город-миллионер поступает за год около 29 млн т различных веществ (без учета воды и воздуха); при транспортировке и переработке они дают

значительное количество отходов, многие из которых оказывают отрицательное воздействие на объекты окружающей среды. Загрязняющие вещества попадают в атмосферу, водоемы и подземные водоносные горизонты, а также в почву.

Атмосферные выбросы города. Состав промышленных и бытовых выбросов города-миллионера, поступающих в атмосферу, весьма разнообразен. Годовое количество газообразных выбросов и их состав приведены ниже (тыс. т/год):

Вода (пар, аэрозоль)

10800

Углекислый газ

1200

Сернистый ангидрид

240

Оксид углерода

240



Пыль

180

Углеводороды

108

Оксиды азота

60

Органические вещества (фенолы, бензол, спирты, растворители, жирные кислоты)

8

Хлор, аэрозоли соляной кислоты

5

Сероводород

5

Аммиак

1,4

Фториды (в пересчете на фтор)

1,2

Сероуглерод

1

Соединения свинца

0,5

Синильная кислота (цианистый водород)

0,3

ПАУ (в том числе бензапирен)

0,08

Никель (в составе пыли)

0,042

Мышьяк

0,031

Уран (в составе пыли)

0,024

Кобальт (в составе пыли)

0,018

Ртуть

0,0084



Кадмий (в составе пыли)

0,0015

Бериллий (в составе пыли)

0,0012

Самая большая доля в составе атмосферных выбросов принадлежит воде (водяному

пару и аэрозолям) и углекислому газу, затем следует сернистый ангидрид, оксид углерода и пыль. Следует подчеркнуть, что внутригодовое распределение этих выбросов достаточно неравномерно. Максимальные поступления в атмосферу отмечаются в зимние месяцы, когда на полную мощность работают тепловые электростанции и котельные.

Еще один важный компонент загрязнений нижнего слоя атмосферы — углеводороды, которых выбрасывается ежегодно до 108 тыс. т.

Следующая рассматриваемая группа веществ, поступающих в воздух городов, содержится в количествах на 1-2 порядка меньше, чем предыдущие. Сюда относятся органические вещества — фенолы, спирты, растворители, жирные кислоты, бензол.

Примерно в оди-

Таблица 2 Соотношение площадей городов и ореолов загрязняющих веществ вокруг них

Население города,

Средняя площадь городской застройки, км<sup>2</sup>

Средняя площадь ореола загрязнения, км<sup>2</sup>

Удаленность края ореола загрязнения от центра города, км

тыс. человек

Наибольшая

Наименьшая

50-99

22

385

26

2

100-499

34

1550

33

10

500-999

74

2370

44

12

Более 1000

179

3390

59

13

наковых количествах выбрасываются в атмосферу сероводород и хлор в сочетании с аэрозолями соляной кислоты. Ежегодно в воздух поступает около 1 тыс. т сероуглерода, несколько больше — фторидов и аммиака.

Количество выбросов группы наиболее токсичных для человека и объектов живой природы веществ — свинца, ртути, мышьяка, кадмия, бензапирена — составляет до нескольких тонн в год.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу оставляют свой “след на земле”. За этим ведется систематическое наблюдение. Данные о зонах выброса загрязняющих веществ вокруг городов и окружающих территорий представляют огромный интерес, так как наглядно демонстрируют воздействие городов на эти территории, в том числе на сельскохозяйственные угодья, зоны отдыха, водоемы, заповедные ландшафты и т. д. Исследования ведут с помощью искусственных спутников Земли.

Таблица 2 демонстрирует средние значения площадей застройки и зон загрязнения вокруг них, а также удаленности краев этих зон от центров городов. Данные получены на основе анализа материалов по 540 городам России.

Средние значения по стране, конечно, существенно отличаются от цифр, касающихся конкретных городов. Так, отдельные ореолы загрязнения вокруг Москвы, других городов и поселков Центрального экономического района слились в единое пятно (площадью 177,9 тыс. км<sup>2</sup>) — от Твери на северо-западе до Нижнего Новгорода на северо-востоке, от южных границ Калужской области на юго-западе до границ Мордовии на юго-востоке. Зона загрязнения вокруг Екатеринбурга превышает 32,5 тыс. км<sup>2</sup>, вокруг Иркутско-Черемховского промышленного района — 31 тыс. км<sup>2</sup>.

Твердые и концентрированные городские отходы. Ежегодно город-миллионер “производит” и по преимуществу накапливает на окружающих его территориях около 3,5 млн т твердых и концентрированных отходов. Концентрированные отходы



представляют собой осадки, накапливающиеся в отстойниках, и концентраты жидких отходов.

Наибольшую массу среди городских отходов составляют зола и шлаки тепловых электростанций и котельных — около 16 %. Вместе со шлаками предприятий черной и цветной металлургии, горелой землей и пиритными, или колчеданными, огарками (получаемыми в процессе производства серной кислоты) их удельный вес составляет 30 % от всех твердых отходов.

В качестве примера вредного влияния городских отходов можно привести воздействие пиритных огарков. Их складирование требует больших площадей ценных земель.

Атмосферные осадки вымывают из отвалов огарков ряд токсических веществ (например, мышьяк), которые загрязняют почву и водоемы.

Доля галитовых отходов (в основном — вследствие деятельности целлюлозно-бумажных и химических предприятий) достигает 400 тыс. т, или 11 % всей массы отходов. Примерно такова и доля древесных отходов. По 10 % приходится на твердые бытовые и отходы сахарных заводов. Пищевая промышленность дает еще около 4 % отходов.

Особенно неблагоприятное влияние на окружающую среду оказывают концентрированные осадки от стоков химических заводов в городах-миллионерах — примерно 90 тыс. т/год.

Фосфогипс и строительный мусор составляют около 5,5 % всех отходов, хлорид кальция — менее 1 %, различные растворители (спирты, бензол, толуол и др.) — 2 %.

Массовая доля остальных отходов, которые город-миллионер “поставляет” в

окружающую среду в твердом или концентрированном состоянии, несколько превышает 25 %. Эта часть отходов (резина, клеенка, полимерные отходы, кожа, шерсть и пр.) сжигается на городских свалках и в значительной степени превращается в атмосферные загрязнения, весьма неблагоприятно влияющие на среду обитания людей.

Городские сточные воды. Город с миллионным населением ежегодно сбрасывает через канализационную сеть и помимо нее до 350 млн т загрязненных сточных вод (включая ливневые и талые воды с промышленных площадок, городских свалок, стоянок автотранспорта и т. д.). Состав и примерное количество сточных вод города с населением 1 млн человек (в тыс. т) приведены ниже:

Загрязненные сточные воды

350 000,0

В том числе:

взвешенные вещества

24,0

фосфаты

5,0

нефтепродукты

2,5

синтетические поверхностно-активные вещества

0,6

Помимо перечисленных веществ, в сточных водах миллионного города обнаруживаются

биологически активные химические элементы: фтор, цинк, медь, мышьяк и т. д.

Естественно, что содержание этих веществ в сточных водах обусловлено промышленной специализацией населенного пункта (в полной мере это, конечно, относится к загрязнению атмосферного воздуха и твердым отходам).

Таким образом, сточные воды городов играют важную роль в общем балансе веществ, поступающих в города и удаляемых из них. “Шлейф” водных загрязнений от больших городов распространяется по естественным водотокам на десятки и даже сотни километров и может отрицательно воздействовать на источники питьевого водоснабжения, расположенные ниже по течению от места выпуска городских сточных вод.

Суммарное энергопотребление. Города являются огромными накопителями и выделителями энергии. В рамках принятой модели можно считать, что город с миллионным населением ежегодно потребляет энергии около  $4,5 \cdot 10^{15}$  кДж, или  $1,5 \cdot 10$

13 кДж/км<sup>2</sup>. Последняя цифра несколько превышает величину энергии, поступающей от Солнца на уровне 56° с. ш. Концентрируя большое количество энергии, города часть ее выделяют в окружающую среду. В городе температура воздуха всегда выше, чем на территориях вокруг него. Это обусловлено как техногенной деятельностью, так и нагревом солнцем асфальтовых, бетонных и каменных поверхностей улиц, площадей, стен и крыш домов и т. д. В больших городах с плотной застройкой температура воздуха может быть выше на 5 °С по сравнению с окружающей местностью. При

сильных морозах температура в центре крупного города иногда бывает на 9-10 °С выше, чем на окраине.

Экология городского населения. Город формирует многие стороны жизнедеятельности человека. При оценке степени экологической комфортности города имеются в виду, в частности, уровень социального благополучия (бюджеты семей, обеспеченность жильем, использование сферы услуг, учеба детей, состояние здоровья, качество медицинского обслуживания и социального обеспечения и т. д.), степень экологической безопасности и правовой защищенности, занятость и удовлетворенность своей работой (характер и сфера занятости, взаимоотношения на работе, транспортная или пешеходная доступность места работы и т. д.), условия для полноценного отдыха и восстановления сил, степень полноты информационного обеспечения, условия для преемственности культурных традиций и др.

Важное место в ряду таких характеристик принадлежит состоянию общественного здоровья, которое можно охарактеризовать как санитарно-демографическими параметрами (продолжительность жизни, общая смертность, младенческая смертность, заболеваемость, инвалидность и др.), так и рядом функций, им определяемых.

Сбалансированность этих функций определяется социально и исторически развившимися экосоциокультурными факторами (длительность культурных традиций, их мобильность, степень адаптивности к современным условиям, способы общего воспитания и профессионального обучения, специфика развития компонентов творческого труда и т. д.). Так, к числу фундаментальных функций общественного

здоровья можно отнести:

- воспроизводство последующих поколений;
- конкретный живой труд, осуществляемый людьми в различных профессионально-специализированных сферах общественного производства;
- воспитание и обучение последующих поколений.

Указанные функции здоровья горожан в высокой степени зависят от характеристик локального экосоциокультурного комплекса (или комплексов), сложившегося в течение определенного исторического времени и составляющего антропоэкологическую систему города. Сюда, с одной стороны, относятся все зоны городской застройки, обеспечивающие повседневную деятельность населения (архитектурные ансамбли, садово-парковые территории, жилые зоны, включая их современные модификации), а с другой — объекты, определяемые требованиями экономики, политики и иными существенными нуждами. Это производственные, энергетические, коммуникационные, управленческие и другие системы, которые обеспечивают функционирование города как единой мегаструктуры.

Высокая (в некоторых случаях — сверхплотная) концентрация функций внутри указанных экосоциокультурных комплексов приводит к отрицательным воздействиям на общественное здоровье, снижает эффективность осуществления этих функций, оказывая негативное влияние на воспроизводство, особенно в связи с возможным усилением загрязненности среды, увеличением генетических дефектов, ростом заболеваемости, особенностями функционирования и стабильностью института семьи и

т. д. Кроме того, она мешает нормальной социализации поколений и разрушает живой труд.

Для городов очень важна проблема гибкого сочетания различных типов антропологических микросистем (производственных, информационных, социально-культурных, ландшафтно-архитектурных и др.). Концентрировать материальные, энергетические, информационные потоки для выполнения крупных социальных целей, осуществляя в то же время определенное их средоточие, необходимое для реализации функций общественного здоровья, удастся лишь при условии создания в городах маршрутов здоровья, включающих разнообразные рекреационные зоны (от лат. *recreatio* — восстановление), соответствующие гено- и фенотипическим особенностям определенных групп людей.



### 1.5. Сочетанное действие неблагоприятных факторов среды

При оценке воздействия неблагоприятных факторов на организм человека учитываются степень их влияния на здоровье человека, уровень и характер изменений функционального состояния организма, а также возможности развития отдельных нарушений.

Оценивая допустимость воздействия вредных факторов на организм, исходят из биологического закона субъективной количественной оценки раздражителя (закон Вебера -Фехнера), который выражает связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения.

На базе закона Вебера - Фехнера построено нормирование вредных факторов, исключая необратимые предельно допустимые уровни или предельно допустимые концентрации.

Предельно допустимым уровнем (ПДУ), или предельно допустимой концентрацией (ПДК), называется максимальное значение фактора, при котором этот фактор, воздействуя на человека (изолировано или в сочетании с другими факторами), не вызывает у него и у его потомства биологических изменений (даже скрытых или

временно компенсируемых), в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных процессов, иммунологических реакций, нарушений физиологических циклов, а также психологических нарушений (снижение интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности).

ПДК и ПДУ устанавливают для производственной и окружающей среды. При этом руководствуются следующими принципами:

- приоритет медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими показаниями (техническими, экономическими и т. д.);
- пороговость действия неблагоприятных факторов (в том числе химических соединений с мутагенным или канцерогенным эффектом действия, ионизирующего излучения);
- опережение разработки и внедрения профилактических мероприятий по отношению к появлению вредных факторов.

В условиях среды обитания, особенно в производственных условиях, человек подвергается, как правило, многофакторному воздействию, эффект которого может оказаться более значительным, чем при их изолированном действии.

Установлено, что токсичность ядов в определенном температурном диапазоне является наименьшей, усиливаясь как при повышении, так и при понижении температуры воздуха. Главной причиной этого является изменение функционального состояния организма: нарушение терморегуляции, потеря воды при усиленном потоотделении, изменение обмена веществ и ускорение биохимических процессов. В

частности, учащение дыхания и усиленное кровообращение приводят к повышению проникновения ядов в ткани организма. Расширение сосудов кожи и слизистых повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути. Так, усиление токсичности действия при повышенных температурах воздуха отмечено в отношении многих летучих ядов, например, паров бензина, паров ртути, оксида азота. Низкие температуры повышают токсичность бензола, сероуглерода и др.

Возрастание влажности воздуха также увеличивает опасность отравлений, особенно отравляющими газами. Причиной этого служит усиление процессов гидролиза, повышение задержки ядов на поверхности слизистых оболочек, изменение агрегатного состояния ядов. Растворение ядов с образованием слабых растворов кислот и щелочей усиливает их раздражающее действие.

Изменение атмосферного давления также влияет на токсический эффект. При повышенном давлении усиление токсического эффекта происходит вследствие двух причин. Имеет значение, во-первых, наибольшее поступление ядов вследствие роста парциального давления газов и паров в атмосферном воздухе и ускоренного перехода их в кровь, а во-вторых, изменение функций дыхания, кровообращения и центральной нервной системы. Пониженное атмосферное давление усиливает действие таких ядов, как бензол, алкоголь, оксиды азота.

Из множества сочетаний неблагоприятных факторов наиболее часто встречаются пылегазовые комбинации. Газы адсорбируются на поверхности частиц, в результате чего локальная концентрация адсорбированных газов может превышать их

концентрацию непосредственно в газовой фазе. Токсичность аэрозолей в значительной мере зависит от адсорбированных в них газов. Токсичность газоаэрозольных композиций подчиняется следующему правилу: если аэрозоль проникает в дыхательные пути глубже, чем другой компонент смеси, то отмечается усиление токсичности.

Рассматривая сочетанное действие неблагоприятных факторов физической и химической природы, следует отметить, что на высоких уровнях воздействия наблюдаются потенцирование, антагонизм и независимый эффект. На низких уровнях, как правило, встречаются аддитивные зависимости, получаемые путем сложения (от лат. *additivus* — прибавляемый). Известно усиление эффекта токсического действия свинца и ртути, бензола и вибрации, карбофоса и ультрафиолетового излучения, шума и марганецсодержащих аэрозолей.

Изменение функционального состояния ЦНС и сердечно-сосудистой системы под воздействием шума и вибрации способствует усилению токсического эффекта промышленных ядов. Так, шум усиливает токсический эффект оксида углерода, стирола и др. Вибрация, изменяя реактивность организма, повышает его чувствительность к другим факторам, например кобальту, кремниевым пылям, дихлорэтану; оксид углерода также более токсичен в сочетании с вибрацией.

Ультрафиолетовое излучение, оказывая влияние на взаимодействие газов в атмосферном воздухе, способствует образованию смога. Вместе с тем ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным веществам вследствие усиления окислительных процессов в

организме. Так, токсичность оксида углерода при ультрафиолетовом облучении снижается благодаря ускоренной диссоциации карбоксиге-моглобина и более быстрому выведению яда из организма.

Тяжелый физический труд сопровождается повышенной вентиляцией легких и усилением скорости кровотока, что приводит к возрастанию количества яда, поступающего в ткани. Кроме того, интенсивная физическая нагрузка может приводить к истощению механизмов адаптации с последующим развитием профессионально обусловленных заболеваний.

Оценивая сочетанное влияние неблагоприятных факторов на организм, следует отметить, что, как правило, ранние изменения в организме не специфичны для действия какого-либо из них и отражают лишь срыв приспособительных реакций.

При продолжающемся воздействии сверхдозовых уровней растет частота профессионально обусловленных общих заболеваний или формируются различные формы таких заболеваний.

К профессиональным заболеваниям, вызываемым воздействиями внешних физических факторов, относят: вегетативно-сосудистую дистонию (вследствие воздействия ионизирующих излучений), вибрационную болезнь (из-за вибрации), кохлеарный неврит (при систематическом воздействии производственного шума), ухудшение зрения от воздействия электромагнитных излучений и др.

### 1.6. Российская система экологической безопасности

Основной структурой, отвечающей за состояние экологической безопасности в России, является Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды (Госкомэкологии России). Его основная задача— научно-методическое и нормативно-правовое обеспечение развития и совершенствования государственной системы управления качеством окружающей среды, а также разработка мер, направленных на повышение эффективности природоохранной деятельности в целях реализации стратегии развития Российской Федерации.

К стратегическим структурообразующим задачам относятся следующие:

- разработка основных направлений государственной политики в области охраны окружающей среды;
- разработка правовой, нормативной, методической и метрологической базы в области окружающей среды и рационального природопользования;
- совершенствование административных механизмов управления качеством окружающей среды (экологическая сертификация, лицензирование, аудит);
- разработка экономических механизмов управления качеством окружающей среды;
- обеспечение экологической безопасности (оценка экологического риска, прогноз развития экологической ситуации и др.);
- развитие информационно-аналитической системы;
- сохранение и восстановление природных экосистем;
- формирование системы экологического образования, воспитания и просвещения;
- выполнение международных обязательств России в области окружающей среды в решении межгосударственных и глобальных экологических проблем.

В рамках перечисленных направлений издается ежегодный Государственный доклад "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации", проводится анализ деятельности территориальных комитетов по охране окружающей среды системы Госкомэкологии России, выполняются исследования по подготовке и обеспечению Госкомэкологии России аналитической информацией о состоянии окружающей среды.

Анализ информации о состоянии основных природных средств Российской Федерации, сведений об экологической обстановке в республиках, областях, автономных округах, городах и промышленных центрах, об особенностях воздействия на них промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства, а также о принимаемых мерах государственного регулирования природопользования и охраны окружающей среды позволяет сделать следующие основные выводы:

1. За последние 10 лет средние за год концентрации взвешенных частиц, диоксида серы, фенола и формальдегида снизились на 5-13 %, концентрации аммиака, сероуглерода, фторида водорода и сажи — на 16-37 %. За тот же период средние концентрации сероводорода, оксида углерода и диоксида азота возросли на 5-11 %.

Исследования мокрых и сухих выпадений подкисляющих соединений серы и азота показали, что средние за год концентрации загрязняющих воздух веществ, определяющих трансграничное загрязнение, относительно невелики и по существующим представлениям не должны вызывать заметных негативных экологических эффектов на северо-западе России.

Наиболее неблагоприятными, с точки зрения потерь озона и превышения доз ультрафиолетовой радиации, являются Восточная Сибирь и северо-запад европейской территории России. Однако, по-видимому, даже пониженный уровень озона зимой и весной остается пока достаточно высоким для предотвращения появлений избыточных доз ультрафиолетовой радиации на поверхности Земли.



2. Наиболее распространенными загрязняющими поверхностные воды России веществами являются нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества, соединения металлов, аммонийный и нитритный азот, а также специфические загрязняющие вещества—лигнин, ксантогенаты, формальдегид и др.

Общая загрязненность вод рек Северная Двина и Печора осталась на уровне прошлых лет. Экстремально высоким и высоким остается уровень загрязненности малых рек Кольского полуострова. Качество вод практически всех водных объектов Волги не отвечает нормативным требованиям, изменяясь от грязных до чрезвычайно грязных в верхнем и среднем течении к загрязненным в низовьях этой реки. Основная часть рек Обского бассейна характеризуется значительным уровнем загрязненности воды.

Загрязнены непосредственно река Обь, ее крупнейшие притоки, ряд средних и малых рек, на которых расположены крупные промышленные центры. Река Иртыш относится к максимально загрязненным водным объектам Омской и Тюменской областей: вода этой реки, как и прежде, характеризуется как грязная и очень грязная. Качество вод бассейнов Енисея и Лены практически не претерпело существенных изменений.

Площадь сельскохозяйственных угодий сократилась на 7,9 млн га, из них площадь продуктивных угодий (пашня, кормовые угодья) — на 3,34 млн га. Принимаемые государством меры по сохранению плодородия почв явно недостаточны. Не выполнено ни одно из мероприятий, предусмотренных Государственной комплексной программой повышения плодородия почв.

3. Отсутствие законодательной базы не позволяет организовать полномасштабный

учет объектов естественного растительного мира и обеспечить охрану и рациональное

ис

пользование его ресурсов, особенно в условиях, когда в тех или иных регионах важные

ас

пекты учета и охраны растительности курируются различными министерствами и

ведомст

вами.

4. В последние годы в России принимаются меры по регламентации и усилению контроля за изъятием из природной среды наземных беспозвоночных животных, амфибий и рептилий, а также за торговлей ими.

5. Госсанэпиднадзором на основе данных об уровнях загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации установлено, что около 15 млн человек подвергается воздействию взвешенных частиц различных веществ, 14 млн человек — воздействию бензапи-рена. Более 5 млн человек проживает на территориях с повышенным содержанием в воздухе диоксида азота, фтористого водорода и сероуглерода, более 4 млн — формальдегида и оксида углерода, более 3 млн человек — аммиака и стирола. Более 1 млн человек подвергается воздействию повышенных концентраций бензола, оксида азота, сероводорода. Для ряда территорий характерно наличие в воздушной среде асбеста, солей тяжелых металлов — свинца, кадмия, ртути, никеля, меди.

В России свыше 60 % населения не получает с питьевой водой необходимого количества фтора, в то же время регистрируется высокое содержание хлоридов и

сульфатов в питьевой воде.

6. По полученным из регионов России официальным сведениям, под негативным воздействием факторов окружающей среды находится около 14 тыс. памятников истории и культуры, в том числе почти 12 тыс. памятников — под влиянием факторов антропогенного происхождения.

Антропогенные факторы воздействия проявляются преимущественно в форме загрязнения атмосферного воздуха, вибрации, подтопления территории и других форм нарушения окружающей среды.

7. Централизованные системы водоснабжения по состоянию на 1997 г. имеют 1078 городов (99 % от их количества), 1686 поселков городского типа (83 %), около 34 тыс. сельских населенных пунктов (22 %). Водонапорными системами подано населению на коммунально-бытовые нужды 14,6 млрд м<sup>3</sup> воды. В настоящее время тенденция увеличения загрязненности практически всех поверхностных вод сохраняется.

8. Проблема экологически безопасного обращения с отходами остается одной из острых в Российской Федерации. В различных отраслях промышленности ежегодно накапливаются тысячи тонн токсичных отходов.

9. Продолжается рост общего числа чрезвычайных ситуаций техногенного характера: аварии в системах жизнеобеспечения, на грузовых и пассажирских судах, магистральных и внутрипромысловых трубопроводах, химические аварии, а также случаи обнаружения радиоактивных источников.

### 1.7. Состояние биосферы и здоровье

Деятельность и отдых проходят в непрерывном взаимодействии с окружающей средой.

В системе “человек - среда обитания” место жительства, вид деятельности, условия отдыха человек выбирает сам, определяя для себя, тем самым, среду обитания.

Для сельского жителя средой обитания является зона производительной деятельности с орудиями сельскохозяйственного труда, а также жилище и природная

среда. Для жителей города характерно последовательное пребывание в бытовой (50-60 % времени), городской (10-15 %) и производственной (25-30 %) среде.

Для каждой среды обитания характерен комплекс химических, физических и биологических факторов воздействия на человека: температура и влажность воздуха, освещенность, состав атмосферного воздуха, уровни электромагнитного и радиационного воздействий, уровни шума и вибраций, вирусы, бактерии и т. д. Вместе или по отдельности они оказывают благоприятное или негативное воздействие на работоспособность и здоровье человека. Отрицательно влияют шум и загазованность, высокий уровень электромагнитного воздействия антенн, ретрансляторов и линий электропередач, различные бактерии и вирусы, загрязненная вода, наличие в воздухе ядохимикатов, запахи, аллергены и многое другое.

Находясь дома, человек чувствует себя уютно (комфортно), если температура воздуха составляет 22-24 °С при влажности 40-60 %, если помещение хорошо освещено и в нем отсутствуют запахи, шумы, вибрации. Любые отклонения от комфортных условий сопровождаются нарушением психофизического состояния и работоспособности человека, а при длительном воздействии неблагоприятных факторов могут возникать нарушения здоровья.

В условиях города, особенно крупного, причиной дискомфорта и заболеваний являются загазованность и запыленность атмосферного воздуха, высокий уровень шума и вибраций, бытовые и промышленные отходы, загрязнение земной поверхности и водоемов. Городская среда травмоопасна. Особую тревогу вызывают высокий

травматизм и гибель людей в дорожно-транспортных происшествиях.

Комплекс негативных факторов производственной среды характеризуется многообразием и высоким уровнем воздействия на работающего человека. К наиболее распространенным факторам относятся загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны, неблагоприятный температурный режим, повышенный шум, недостаточное освещение, большая физическая нагрузка, повышенные вибрации.

Даже при соблюдении требований безопасности в производственной среде неизбежны профессиональные заболевания, травмы, отравления и гибель людей.

Ежегодно в России общее число травм на производстве составляет 400 тыс., из них 8 тыс. — травмы, приведшие к смерти. Профессиональные заболевания ежегодно получают 11 тыс. человек.