

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ИСПРАВЛЕННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

Под редакцией С. В. Белова

Допущено
Государственным комитетом СССР
по народному образованию в качестве
учебника для студентов технических
высших учебных заведений



Москва «Высшая школа» 1991

ББК 20.1
О-92
УДК 502.3

Рецензенты: кафедра «Охрана труда и окружающей среды» Днепропетровского политехнического института (доц. Ю. Г. Озерский), проректор Г. В. Дуганов (Севастопольский приборостроительный институт).

Охрана окружающей среды: Учеб. для техн. спец. вузов
О-92 С. В. Белов, Ф. А. Барбинов, А. Ф. Козьяков и др. Под ред.
С. В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. — М.: Высш. шк., 1991. —
319 с.: ил.

ISBN 5-06-000665-4

В учебнике рассмотрены правовые, организационные, технические и социальные экономические аспекты защиты окружающей среды; основные источники и виды загрязнений, поступающих от машиностроительных предприятий и транспортных энергетических установок, принципы нормирования, методы расчета и конструктивные схемы средств очистки газовых и жидких выбросов, методы утилизации и переработки промышленных отходов, малоотходные и безотходные процессы, мероприятия по защите от шума, инфразвука, вибрации. Второе издание (1-е — учебное пособие, 1983) переработано и дополнено сведениями о защите окружающей среды от электромагнитных и ионизирующих излучений, о комплексной оценке влияния промышленного объекта на окружающую среду и методах контроля ее состояния.

О 1502000000(4309000000)—124 — 73—91
001(01)—91

ББК 20.1
57(069)

ISBN 5-06-000665-4

© Коллектив авторов, 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современном обществе резко возрастает роль промышленной экологии, призванной на основе оценки степени вреда, приносимого природе индустриализацией, разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, всемерно развивать основы создания замкнутых, безотходных и малоотходных технологических циклов и производств. В связи с этим важное место в деле охраны окружающей среды отводится экологическому образованию и воспитанию инженерно-технических специалистов.

Учебник написан на основе программы Минвуза СССР (индекс УМУ-Т-5/1268) по «Охране окружающей среды» и лекций, читаемых по этому курсу в МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Основное внимание в учебнике уделено методам и средствам, позволяющим обеспечивать высокие экологические показатели технологий, машин и материалов как на стадии промышленной эксплуатации, так и при проектировании. Приведены методы расчета устройств и систем для очистки газовых и жидких выбросов от загрязнений, получивших широкое применение для промышленной и санитарной очистки; кратко рассмотрены устройства и системы, имеющие ограниченное применение; широко представлены методы защиты от шума, вибраций, инфразвука в жилых зонах.

Второе издание (1-е — учебное пособие, 1983) дополнено материалом по защите от электромагнитных полей и ионизирующих излучений, по комплексной оценке влияния промышленного объекта на окружающую среду и контролю за ее состоянием и промышленными выбросами, рассмотрены основные положения проведения экологической экспертизы.

Введение, § 1—3, 6—15, 17, 37—40 написаны Беловым С. В.; введение, § 5, 26, 27, 29 — Барбиновым Ф. А.; § 6, 34—6, 41 — Козьмовым А. Ф.; § 11, 16, 18—20 — Сивковым В. П.; § 4, 21—25, 28 — Влихным Г. П.; § 6, 29—33, 35 — Терехиным А. С.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам: у техн. наук, проф. Г. В. Дуганову и канд. техн. наук, доц. Г. Озерскому за полезные замечания и советы.

Авторы с благодарностью примут и учтут все критические замечания.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Биосфера — это область распространения жизни на Земле, включающая населенную организмами верхнюю часть земной коры, воды рек, озер, водохранилищ, морей, океанов и нижнюю часть атмосферы (тропосферу). Биосфера представляет собой равновесную систему, в которой процессы обмена веществ и энергии происходят главным образом за счет жизнедеятельности организмов.

По мере развития промышленности, энергетики и средств транспорта *антропогенное* загрязнение биосферы, обусловленное жизнедеятельностью человека, непрерывно нарастало. Если в первой половине XX в. негативное воздействие загрязнений на биосферу во многих регионах мира сглаживалось происходящими в ней естественными процессами, то в последующие годы масштабы деятельности человека привели биосферу на грань экологического кризиса.

Научно-техническая революция, охватившая во второй половине XX в. многие страны мира, принесла людям не только блага, она сопровождалась и теневыми явлениями, а именно: загрязнением атмосферы, морских акваторий и пресных водоемов; нарушением почвенного покрова и ландшафтов; истощением водных и лесных ресурсов; уменьшением численности животных. Экологический кризис осложняется экспоненциальным ростом народонаселения планеты и его урбанизацией.

Атмосфера загрязняется промышленными выбросами, содержащими оксиды серы, азота, углерода, углеводороды, частицы пыли. В водоемы и реки попадают нефть и отходы нефтепродуктов, вещества органического и минерального происхождения; в почвенный покров — шлаки, зола, промышленные отходы, кислоты, соединения тяжелых металлов и др. Множество разработанных технологических процессов привело к росту числа токсичных веществ, поступающих в окружающую среду.

Выбросы промышленных предприятий (схема 1), энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра достигли таких размеров (схема 2), что в ряде районов земного шара уровни загрязнений значительно превышают допустимые санитарные нормы. Это приводит, особенно среди городского населения, к увеличению количества людей, болеющих хроническим бронхитом, астмой, аллергией, ишемией, раком.

Неблагоприятное влияние на жизнедеятельность человека

оказывают шум, вибрации, инфразвук, а также воздействия электромагнитных полей и различных излучений (ультрафиолетовых, инфракрасных, световых, ионизирующих).

Среда обитания человека — *окружающая среда* — характеризуется совокупностью физических, химических и биологических факторов, способных при определенных условиях оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность и здоровье человека.

Вопросами развития окружающей среды занимается *экология* — наука о взаимоотношении живых организмов и среды их обитания. Рациональное решение экологических проблем возможно лишь при оптимальном взаимодействии природы и общества, обеспечивающем, с одной стороны, дальнейшее развитие общества, с другой — сохранение и поддержание восстановительных сил в природе, что достижимо лишь при проведении широкого комплекса практических мероприятий и научных исследований по охране окружающей среды.

Схема 1 Взаимодействие промышленного предприятия с окружающей средой



Необходимость охраны окружающей среды отражена в Основном Законе нашего государства. В Конституции СССР записано, что в интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного,

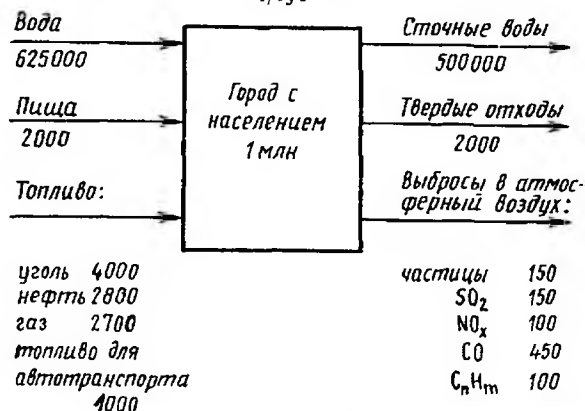
рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды.

Охрана окружающей среды основана на системе государственных, юридических, общественных, административно-хозяйственных, технических и социально-экономических мероприятий, направленных на поддержание благоприятных условий среды обитания и рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в интересах всего человечества.

Правовые основы охраны окружающей среды в СССР представляют собой совокупность природоохранных правовых норм, т. е. законов и подзаконных актов.

Уже в первые годы Советского государства были заложены

Схема 2 Массообмен современного промышленного города, т/сут



основы социалистической системы природопользования. По инициативе В. И. Ленина были разработаны 94 природоохранных документа, в том числе декреты «О земле», «О лесах», «Об охране рыбных и звериных угодий в Северном Ледовитом океане и Белом море» и др. При участии В. И. Ленина началось создание системы советских заповедников.

Законодательство в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов весьма интенсивно развивалось в последние 20 лет. В этот период были приняты законы, регулирующие чрезвычайно широкий круг отношений: Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик (1968), Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении (1969), Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик (1970), Основы законодательства Союза ССР о недрах (1975), Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик (1977), Закон СССР

«Об охране и использовании животного мира» (1980), Закон СССР «Об охране атмосферного воздуха» (1980).

Законами СССР о трудовых коллективах и о государственном предприятии предусмотрено активное участие трудовых коллективов в осуществлении мер по охране природы. Предприятие обязано обеспечивать эффективное использование и воспроизводство природных ресурсов, охранять окружающую среду от загрязнений и других вредных воздействий, осуществлять организацию производства на базе безотходных технологий. Руководители предприятий и Советы трудовых коллективов обязаны строго соблюдать нормативные требования по охране окружающей среды.

Подзаконные правовые нормы (постановления, приказы, инструкции и другие нормативные акты) способствуют выполнению основных мероприятий в области охраны окружающей среды, изложенных в Конституции и Законах СССР. К таким нормам относятся решения Советов народных депутатов, их исполнительных и распорядительных органов, а также стандарты, технические, строительные, санитарные и т. п. нормы, утверждаемые министерствами и ведомствами.

Постановление Верховного Совета СССР «О соблюдении требований законодательства об охране природы и рациональном использовании природных ресурсов» № 2764-XI от 3 июля 1985 г. указывает на необходимость повышения ответственности министерств, комитетов, ведомств, предприятий, организаций, а также отдельных граждан за соблюдение природоохранительного законодательства. В этом постановлении определены неотложные меры по охране природы: введение обязательной экологической экспертизы новой техники, технологии и материалов, проектов на строительство, реконструкция и техническое перевооружение народнохозяйственных объектов; разработка долгосрочной Государственной программы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов и комплексной переработки природного сырья; разработка автоматизированных систем и приборов контроля за состоянием окружающей среды.

Разновидностью правовых норм в области охраны окружающей среды служат различные технические нормы и стандарты, которые имеют силу законов. С 1 января 1977 г. в СССР введен ряд государственных общесоюзных стандартов в области охраны природы. ГОСТ 17.0.0.01—76* (СТ СЭВ 1364—78). Основные положения; ГОСТ 17.1.1.01—77* (СТ СЭВ 3544—82). Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения; ГОСТ 17.2.1.02—76* (СТ СЭВ 1365—78). Атмосфера. Выбросы вредных веществ автомобилями, тракторами и двигателями. Термины и определения; ГОСТ 17.2.1.01—76* (СТ СЭВ 1366—78). Атмосфера. Классификация выбросов по составу; ГОСТ 17.2.3.01—86 (СТ СЭВ 1925—79). Атмосфера. Правила контроля качества

воздуха населенных пунктов; ГОСТ 17.0.0.04—90. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения и др.

К объектам стандартизации относят предельно допустимые концентрации и методы расчета выбросов загрязняющих веществ; требования к устройствам по контролю и защите окружающей среды от загрязнений; нормы и правила рационального использования природных ресурсов и др.

Министерством здравоохранения СССР утверждены санитарные нормы на предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест СН-3086—84, разработаны методы определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов СН-3917—85, установлены значения допустимых уровней шума на территории жилой застройки СН-3077—84 и допустимые уровни инфразвука и низкочастотного шума на территории жилой застройки СанПиН 42-128-4948—89 и др.

Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (Госкомгидромет СССР) разработаны: инструкция о согласовании, проведении экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдаче разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям (ОИД 1—84); методика расчета концентраций вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий в атмосферу (ОИД—86); методические указания «Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях» (РД 52. 04-52—85).

Государственное управление в сфере охраны окружающей среды осуществляется в соответствии с принципами плановости, комплексного подхода, учета местных условий, разграничения хозяйственно-организаторских и контрольно-надзорных функций, государственного учета и статистической отчетности.

Охрана окружающей среды является общегосударственной задачей, поэтому ее проводят все звенья системы Советов народных депутатов, их исполнительных и распорядительных органов. В задачу этих органов входят природоохранное управление и контроль. Наибольшие полномочия имеют Верховный Совет СССР и Верховные Советы союзных республик, их президиумы и комитеты (комиссии).

Правительство СССР и правительства союзных республик разрабатывают и обеспечивают практические мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов. Межведомственный надзор и координацию деятельности осуществляют: Комиссия Президиума Совета Министров СССР по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, Госплан СССР, Государственный комитет СССР по науке и технике (ГКНТ СССР), Госкомгидромет СССР, Государственный комитет СССР по охране природы (Госкомприрода СССР).

Центральным органом управления в области охраны природы и использования природных ресурсов является созданный в 1988 г. Государственный комитет СССР по охране природы, который наряду с Советами Министров союзных республик несет всю полноту ответственности за охрану природы, организацию рационального использования и воспроизводства природных ресурсов в стране. При Госкомприроде СССР создан общественный Совет из числа ученых, общественных и государственных деятелей для глубокого анализа проблем окружающей среды и выработки рекомендаций по их решению.

Основные задачи комитета:

- государственный контроль за состоянием и использованием природной среды с правом наложения запрета на строительство и эксплуатацию промышленных объектов при грубом нарушении природоохранных норм;

- координация деятельности министерств и ведомств, разработка и проведение единой научно-технической политики в области природопользования;

- подготовка и представление в Госплан СССР предложений, а также контроль за выполнением государственных планов по охране среды и рациональному использованию природных ресурсов;

- утверждение экологических нормативов, правил и стандартов;

- осуществление государственной экологической экспертизы генеральных схем развития и размещения производительных сил страны, образцов новой техники и технологии, а также проектов на строительство и реконструкцию предприятий;

- выдача разрешений на выбросы веществ, захоронение отходов, водопользование, потребление атмосферного воздуха, отвод земель и др.;

- планирование и осуществление международного сотрудничества по охране природы;

- работа по воспитанию населения в духе бережного отношения к природе.

Выполнение решений Госкомприроды СССР обязательно для всех министерств, ведомств, объединений, предприятий и организаций.

ГКНТ СССР координирует научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов. При ГКНТ СССР организован (совместно с АН СССР) Межведомственный научно-технический Совет по комплексным проблемам охраны окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов (1972). Совет осуществляет: определение основных на-

учно-технических проблем и разработку координационных планов по их решению; научно-методическое руководство работами, проводимыми министерствами по созданию новых экологически безопасных технологических процессов, оборудования, видов техники и материалов.

Академия наук СССР объединяет усилия научных учреждений, разрабатывающих фундаментальные основы рационального природопользования. В ее составе создан научный Совет по проблемам биосферы.

Государственный комитет СССР по народному образованию координирует и осуществляет экологическое образование, проводит научные исследования по актуальным проблемам природопользования.

Контроль за выполнением природоохранных норм осуществляют Госкомприрода СССР, Госкомгидромет СССР и Главное санитарно-эпидемиологическое управление Министерства здравоохранения СССР.

Международное сотрудничество СССР в области охраны окружающей среды развивается на основе двусторонних соглашений с США, Францией, Великобританией, Бельгией, Финляндией и другими странами. Эти соглашения предусматривают проведение совместных работ по предотвращению загрязнения воздуха и вод Мирового океана. Большое внимание в соглашениях отводится разработке законодательства, правовых и административных мер, связанных с сохранением и поддержанием качества окружающей среды.

Многостороннее сотрудничество по вопросам охраны окружающей среды основано на участии Советского Союза в Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и в работе таких международных неправительственных организаций, как Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ), Международный совет научных союзов (МСНС), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС), Международный союз охраны природы (МСОП) и др. Международное сотрудничество способствует более быстрому решению глобальных и межрегиональных природоохранных проблем.

Инженерно-технические средства. В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 гг. и на период до 2000 г.», принятых XXVII съездом КПСС, поставлены задачи неуклонного повышения эффективности инженерно-технических мер по охране природы: широкого внедрения малоотходных и безотходных технологий, комбинированных производств, обеспечивающих комплексное использование природных ресурсов, сырья и материалов. Особое внимание уделено вопросам совершенствования экологических показателей автомобиль-

ного парка страны, охране водных ресурсов, атмосферного воздуха, недр, а также разработке средств их защиты.

В СССР разработаны и серийно выпускаются аппараты и устройства для очистки воздуха, газовых выбросов и сточных вод от примесей, которые применяют на промышленных предприятиях для улучшения санитарного состояния атмосферы и водоемов. Защита от энергетических выбросов основана на применении защитных экранов, глушителей шума, виброизоляции и других устройств.

Однако в промышленности нерешенными проблемами пока остаются эффективность очистки технологических и вентиляционных выбросов от газовых, паровых и тонкодисперсных пылевых примесей; на транспорте — очистка отработавших газов двигателей внутреннего сгорания от сажи, соединений свинца и др. Современная технология охраны окружающей среды еще не базируется на широком применении безотходных и малоотходных производств. До настоящего времени все еще применяется способ снижения концентраций примесей их рассеиванием в атмосфере и гидросфере.

Состояние окружающей среды требует от создателей новых технологий и машин пристального внимания к вопросам экологии. Любое техническое решение должно приниматься с учетом не только технологических и экономических требований, но и экологических аспектов. Проектные решения в обязательном порядке должны подвергаться экологической экспертизе, а вновь создаваемые технологические процессы, оборудование и материалы при их внедрении наряду с народнохозяйственным эффектом должны обеспечивать высокий уровень экологической безопасности.

Значительную роль в охране природной среды призваны сыграть мероприятия, направленные на выполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 32 от 7 января 1988 г. «О коренной перестройке дела охраны природы в стране», в котором определены главные задачи природопользования:

- совершенствование системы управления охраной природы и регулирования использования природных ресурсов;

- совершенствование экономического механизма, обеспечивающего эффективное природопользование;

- широкое внедрение достижений научно-технического прогресса;

- государственная экологическая экспертиза проектов на строительство (реконструкцию) предприятий и технических средств;

- повышение эффективности международного сотрудничества СССР в области охраны природы;

- кардинальное улучшение экологического образования и воспитания бережного отношения населения к природе.

Контрольные вопросы

1. Какие основные явления в развитии общества привели к обострению проблемы охраны окружающей среды во второй половине XX в?
2. Какова роль и структура природоохранных органов в СССР?
3. Как учитываются требования нормативных актов по охране окружающей среды при разработке проектов предприятий и технических средств?
4. Назовите формы и направления деятельности СССР в области международного сотрудничества по вопросам охраны окружающей среды.
5. Какие задачи ставятся перед инженерно-техническими работниками по обеспечению охраны окружающей среды?

ГЛАВА 1

ИСТОЧНИКИ, ВИДЫ И МАСШТАБЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

§ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ

Атмосфера всегда содержит определенное количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников. К числу примесей, выделяемых естественными источниками, относятся: пыль (растительного, вулканического, космического происхождения, возникающая при эрозии почвы, частицы морской соли); туман, дымы и газы от лесных и степных пожаров; газы вулканического происхождения; различные продукты растительного, животного и микробиологического происхождения и др.

Естественные источники загрязнений бывают либо *распределенными*, например выпадение космической пыли, либо *кратковременными* стихийными, например лесные и степные пожары, извержения вулканов и т. п. Уровень загрязнения атмосферы естественными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени.

Более устойчивые зоны с повышенными концентрациями загрязнений возникают в местах активной жизнедеятельности человека. Антропогенные загрязнения отличаются многообразием видов и многочисленностью источников. Если в начале XX в. в промышленности применялось 19 химических элементов, то в середине века промышленное производство стало использовать около 50 элементов, а в 70-х годах — практически все элементы таблицы Менделеева. Это существенно сказалось на составе промышленных выбросов и привело к качественно новому загрязнению атмосферы, в частности, аэрозолями тяжелых и редких металлов, синтетическими соединениями, не существующими и не образующимися в природе, радиоактивными, канцерогенными, бактериологическими и другими веществами.

Особенно острой проблема загрязнения атмосферы стала во второй половине XX в., т. е. в период научно-технической революции, характеризующийся чрезвычайно высокими темпами роста промышленного производства, выработки и потребления электроэнергии, выпуска и использования в большом количестве транспортных средств (рис. 1).

В СССР основное загрязнение атмосферы создают ряд отраслей промышленности, автотранспорт и теплоэнергетика. Их уча-

стие в загрязнении атмосферы распределяется следующим образом, %: черная и цветная металлургия, нефтедобыча и нефтехимия, предприятия стройматериалов, химическая промышленность — 30; автотранспорт — 40; теплоэнергетика — 30.

В США загрязнение атмосферы вредными веществами создают, %: транспортные средства — 50; теплоэлектростанции — 20; промышленные предприятия — 15; установки для сжигания твердых отходов — 5; прочие — 10.

Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются: оксид углерода CO , диоксид серы SO_2 , оксиды азота NO_x , углеводороды C_nH_m и пыль. Основные примеси атмосферы и их источники приведены в табл. 1. Ежегодные выбросы вредных веществ в атмосферу приведены в табл. 2.

Примерный относительный состав вредных веществ в атмосфере больших промышленных городов, %: CO — 45, SO_x — 18, C_nH_m — 15, пыль — 12, NO_x — 10.

Превышения концентраций токсичных веществ в загрязненном атмосферном воздухе над фоновыми в среднем составляют: по оксиду углерода CO $80 \div 1250$ и более; по диоксиду серы SO_2 $50 \div 300$; по диоксиду азота NO_2 до 25; по озону O_3 до 7 раз.

Кроме CO , SO_x , NO_x , C_nH_m и пыли в атмосферу выбрасываются и другие более токсичные вещества. Так, например, вентиляционные выбросы заводов электронной промышленности содержат пары плавиковой, серной, хромовой и других минеральных кислот, органические растворители и т. п.

В настоящее время насчитывается более 500 вредных веществ, загрязняющих атмосферу, их количество все увеличивается.

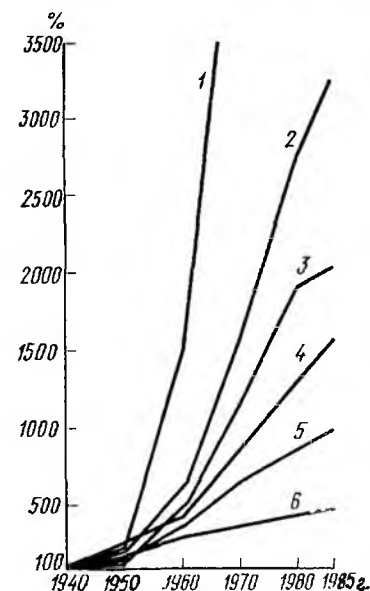


Рис. 1. Темпы роста выработки электроэнергии (2), добычи нефти (3), угля (6), газа (1), производства стали (5) и автомобилей (4) в СССР начиная с 1940 г.

§ 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

ВЫБРОСАМИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Современное машиностроение развивается на базе крупных производственных объединений, включающих заготовительные и кузнечно-прессовые цехи, цехи термической и механической обработки металлов, цехи покрытий и крупное литейное производство. В состав предприятий также входят испытательные станции, ТЭЦ

Таблица 1

Примеси	Основные источники		Среднегодовая концентрация в воздухе, мг/м³
	естественные	антропогенные	
Твердые частицы (зола, пыль и др.)	Вулканические извержения, пылевые бури, лесные пожары и др.	Сжигание топлива в промышленных и бытовых установках	В городах 0,04—0,4
SO ₂	Вулканические извержения, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море	То же	В городах до 1,0
NO _x	Лесные пожары	Промышленность, автотранспорт, теплоэлектростанции	В районах с развитой промышленностью до 0,2
CO	Лесные пожары, выделения океанов, окисление терпенов	Автотранспорт, промышленные энергоустановки, черная металлургия	В городах от 1 до 50
Летучие углеводороды	Лесные пожары, природный метан, природные терпены	Автотранспорт, дожигание отходов, испарение нефтепродуктов	В районах с развитой промышленностью до 3,0
Полициклические, ароматические углеводороды	—	Автотранспорт, химические заводы, нефтеперерабатывающие заводы	В районах с развитой промышленностью до 0,01

Таблица 2

Вещество	Выбросы, млн т		Доля антропогенных примесей от общих поступлений, %
	естественные	антропогенные	
Твердые частицы	3700	1000	27
CO	5000	304	5,7
C _n H _m	2600	88	3,3
NO _x	770	53	6,5
SO _x	650	100	13,3
CO ₂	485 000	18 300	3,6

и вспомогательные подразделения. В процессе производства машин и оборудования широко используют сварочные работы, механическую обработку металлов, переработку неметаллических материалов, лакокрасочные операции и т. п.

Литейные цехи. Наиболее крупными источниками пыле- и газовыделения в атмосферу в литейных цехах являются: вагранки, электродуговые и индукционные печи, участки складирования и

переработки шихты и формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья.

При плавке 1 т металла в открытых чугунолитейных вагранках выделяется 900—1200 м³ колошникового газа, содержащего оксиды углерода, серы и азота, пары масел, полидисперсную пыль и др. При разбавлении колошникового газа воздухом, под-сасываемым через завалочное окно вагранки, количество отходящих газов увеличивается в 1,5—3,5 раза. Параметры и состав газов, отходящих от открытых чугунолитейных вагранок, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Производи- тельность вагранки, т/ч	Расход дутья, м ³ /ч	Расход колошни- ковых га- зов, м ³ /ч	Темпера- тура ко- лошнико- вых га- зов, °С	Расход отходя- щих га- зов, м ³ /ч	Выбросы, кг/ч			
					пыль	СО	SO _x	NO _x
3	2 850	2 500	160	7 500	26	190	5	0,15
5	4 800	4 250	180	11 500	50	370	8	0,3
7	6 700	6 250	200	15 000	74	480	11	0,45
10	9 600	9 500	250	21 000	100	680	12,5	0,8
15	14 400	13 800	260	30 000	150	920	17	1,2
20	19 200	18 500	280	38 000	210	1050	20	1,8

Химический состав ваграночной пыли зависит от состава металлозавалки, топлива, условий работы вагранки и может колебаться в следующих пределах (мас. доли, %): SiO₂ — 20÷50; CaO — 2÷12; Al₂O₃ — 0,5÷6; MgO — 0,5÷4; (FeO+Fe₂O₃) — 10÷36; MnO — 0,5÷2,5; C — 30÷45.

Дисперсный состав ваграночной пыли:

Размер частиц, мкм . . .	<5	5—10	10—25	25—50	50—75	75—150	>150
Фракционный состав:							
при горячем дутье,							
%	16,6	13,3	16,0	13,2	12,5	18,4	10
при холодном дутье,							
%	—	2,4	6,2	21,8	26,4	29,9	13,3

Медианный размер пыли при горячем дутье 20 мкм, а при холодном дутье 70 мкм.

В закрытых чугуно-литейных вагранках производительностью 5—10 т/ч на 1 т выплавленного чугуна выделяется 11—13 кг пыли, 190—200 кг оксида углерода, 0,4 кг диоксида серы, 0,7 кг углеводородов и др. Концентрация пыли в отходящих газах составляет 5—20 г/м³, медианный размер пыли 35 мкм.

В табл. 4 приведены выбросы загрязняющих веществ электродуговыми печами при выплавке стали.

Состав пыли зависит от марки выплаваемой стали. Примерный химический состав пыли, мас. доли, %: Fe₂O₃ — 56,8; Mn₂O₃ — 10,0; Al₂O₃ — 5,0; SiO₂ — 6,9; CaO — 6,9; MgO — 5,8;

Таблица 4

Емкость печи, т	Производи- тельность печи, т/ч	Выбросы, кг/т		
		пыль	СО	NO _x
0,5	0,33	9,9	1,4	0,27
1,5	0,94	9,8	1,2	0,26
5	2	9,4	1,3	0,26
10	3	8,8	1,4	0,27
20	5,9	8,1	1,5	0,29
50	11,4	6,9	1,4	0,28
100	21	6,6	1,5	0,29

остальное — хлориды, оксиды хрома и фосфора. Средний фракционный состав пыли:

Размер частиц, мкм	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10	>10
Фракционный состав, % . . .	52,2	22,5	6,2	7,3	2,5	9,3

При плавке стали в индукционных печах, по сравнению с электродуговыми, выделяется незначительное количество газов и в 5—6 раз меньше пыли, по размеру более крупной.

При литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид, ме-

Таблица 5

Вещество	Удельные газовыделения для марки связующего вещества, мг/(кг смеси ч)		
	ОФ 1	БС 40	УКС
Бензол	418	—	—
Фенол	390	—	—
Фурфурол	—	2	—
Метанол	5,5	11	207
Аммиак	—	702	823
Цианистый водород	—	1,2	—
Формальдегид	8,7	34,0	34,2
Оксид углерода	920,0	496,0	1921,0
Диоксид углерода	688,0	3260,0	8563,0
Метан	204,0	111,0	82,0

Примечания. 1. 80% газовыделения всех вредных веществ приходится на первые 20 мин после заливки металла в формы. К концу первого часа газовыделение практически прекращается. 2. Холоднотвердеющая смесь для стального литья на 100 мас. ч. кварцевого песка содержит 2 мас. ч смолы ОФ-1 и катализатор в виде 70%-ного водного раствора бензосульфокислоты (60% от массы смолы ОФ-1); для чугунного литья — 2 мас. ч смолы БС-40 и катализатор в виде технической ортофосфорной кислоты (40% от массы смолы БС-40); для фасонного чугунного литья — 4 мас. ч смолы УКС и катализатор в виде раствора хлорного железа (20% от массы УКС).

танол и другие токсичные вещества, количество которых зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и ряда других факторов. Газовыделения при заливке металлом форм и их охлаждении можно определить по данным, приведенным в табл. 5.

От участков выбивки литья на 1 м² площади решетки выделяется до 45—60 кг/ч пыли, 5—6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака. Значительными выделениями пыли сопровождаются процессы очистки и обрубки литья. Работа пескоструйных и дробеструйных камер, очистных барабанов и столов сопровождается интенсивным выделением пыли с медианным размером 20—60 мкм. Концентрация пыли в воздухе, отводимом от камер и барабанов, составляет 2—15 мг/м³.

Значительное количество пыли и газов выделяется в атмосферу участками литейных цехов по приготовлению, переработке и использованию шихты и формовочных материалов. Так, содержание пыли, на 35—50% состоящей из диоксида кремния, в отводимом воздухе составляет:

Технологический процесс	Концентрация, мг/м ³
Размол материалов	
шаровые мельницы	6—10
дробилки	5—12
Сушка материалов	5—10
Приготовление смесей.	
сита	0,8—4,3
смесители (бегуны)	1,7—7,4
грохоты	0,7—1,5

Интенсивность выделения вредных веществ (приведено к формальдегиду) при изготовлении стержней из холоднотвердеющей смеси зависит от состава связующего вещества (газовыделение отнесено к 1 дм² площади поверхности стержня):

Связующее	При заполнении ящиков смесью, мг/(кг ч)	При отверждении смеси, мг/(дм ² ч)
Фенолоформальдегидные (ОФ-1)	9,2	1,46
Карбамидоформальдегидные (УКС) . .	215	37,8
Карбамидофурановые (БС-40)	41	5,7
На основе синтетических смол УГТС	61	10,3

Кузнечно-прессовые и прокатные цехи. В процессах нагрева и обработки металла в кузнечно-прессовых и прокатных цехах выделяются пыль, кислотный и масляный аэрозоль (туман), оксид углерода, диоксид серы и др.

При прокатке пыль образуется главным образом в результате измльщения окалины валками, при этом ~20% пыли имеет размер частиц менее 10 мкм. Выброс пыли из цеха составляет в среднем 200 г на 1 т товарного проката. Если в процессе проката применяется огневая зачистка поверхности заготовки, то выход пыли возрастает до 500—2000 г/т. При этом в процессе сгорания

поверхностного слоя металла образуется большое количество мелкодисперсной пыли, состоящей на 75—90% из оксидов железа:

Размер частиц, мкм	<0,5	0,5—1	>1
Фракционный состав, %	20—25	60—65	10—20

Для удаления окалины с поверхности горячекатаной полосы применяют травление в серной или соляной кислоте. Суммарное количество воздуха, отсасываемого из агрегата непрерывного травления, составляет 14 000—18 000 м³/ч, а среднее содержание кислоты в удаляемом воздухе достигает 2,5—2,7 г/м³. Если для очистки воздуха от кислот применяют высокоэффективные пенные аппараты, то и в этом случае содержание кислот в воздухе после его очистки составляет 0,05 г/м³.

При использовании в кузнечно-прессовых цехах для нагрева металла пламенных печей в атмосферу выбрасываются оксиды углерода, серы, азота и другие продукты сгорания. Для определения валовых выделений вредных веществ от нагревательных печей целесообразно пользоваться удельными показателями по выбросам, приведенным к единице массы (т) или объема (м³ или тыс. м³) сжигаемого топлива (S — содержание серы в исходном топливе, %; A^p — зольность топлива, %):

Топливо	NO _x	SO ₂	CO	C _п H _п	Пыль
Мазут, кг/м ³	12,4	19S	4,8·10 ⁻³	0,38	1,2A ^p
Природный газ, кг/тыс м ³ . .	6,24	—	Следы	Следы	2,4·10 ⁻³

Общеобменной вентиляцией кузнечно-прессового цеха в атмосферу выбрасываются оксиды углерода и азота, диоксид серы. От пролетов с молотами выбросы оксида углерода на 1 т топлива составляют 7 кг/т (газ или мазут), диоксида серы — 5,2 кг/т (мазут); от пролетов с прессами и ковочными машинами — соответственно 3 и 2,2 кг/т.

Термические цехи. Вентиляционный воздух, выбрасываемый из термических цехов, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, цианистым водородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений в термических цехах являются также нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные и дробеметные камеры. Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробеметных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2—7 г/м³.

При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванны воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч цианистого водорода на один агрегат цианирования.

Гальванические цехи. В воздухе, удаляемом из гальванических цехов, вредные вещества находятся в виде пыли, тонкодисперсного тумана, паров и газов. Наиболее интенсивно вредные вещества выделяются в процессах кислотного и щелочного травления.

Массу вредных веществ, выделяющихся при травлении с поверхности S , m^2 зеркала ванны, определяют по формуле $m = \bar{m}S$, мг/мин, где $\bar{m}$ — интенсивность выделения вредных веществ с единицы площади зеркала ванны, мг/($m^2 \cdot \text{мин}$). Значения $\bar{m}$ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Марка стали	Травильный раствор		$\bar{m}$ мг/($m^2 \cdot \text{мин}$)	Выделяющиеся вещества и их агрегатное состояние
	состав	температура, °C		
20	15%-ный раствор серной кислоты без ингибитора	70	200	Серная кислота, аэрозоль
20	15%-ный раствор серной кислоты с ингибитором	70	30	То же
10	20%-ный раствор соляной кислоты	70—80	26 000	Соляная кислота, пары
12X18H10T	10—12%-ный раствор азотной кислоты	60	4 300	Оксиды азота в пересчете на N_2O_3 (пары)
12X18H10T	4—5%-ный раствор азотной кислоты	60	4 700	Суммарно $NO_2 + HNO_3$ в пересчете на N_2O_3 (пары)
08X15H24B4TP	15,5%-ный раствор азотной кислоты	50	118	Фтористый водород, пары Оксиды азота в пересчете на N_2O_3 (пары)
12X18H10T	То же	50	185	Суммарное $N_2O_3 + HNO_3$ в пересчете на N_2O_3 (пары)
08X18H10T	20—22%-ный раствор серной кислоты	60	940	Суммарное $SO_2 + H_2SO_4$ в пересчете на H_2SO_4 (аэрозоль)

При нанесении гальванических покрытий (воронение, фосфатирование, анодирование и т. п.) образуются различные вредные вещества. Так, при фосфатировании изделий выделяется фтористый водород, концентрация которого в отводимом воздухе достигает 1,2—15 г/м³. Концентрации HCl, H₂SO₄, HCN, Cr₂O₃, NaOH и др. в удаляемом от гальванических ванн воздухе колеблются в значительных пределах, что требует специальной очистки воздуха перед выбросом в атмосферу. При проведении

подготовительных операций в гальванических цехах (механическая очистка и обезжиривание поверхностей) выделяются пыль, пары бензина, керосина, трихлорэтилена, туманы щелочей.

Анализ дисперсного состава туманов показал, что размер частиц находится в пределах 5—6 мкм при травлении, 8—10 мкм при хромировании и 5—8 мкм при цианистом цинковании.

Цехи механической обработки. Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. В табл 7 приведено количество паров воды, туманов масел и эмульсий, выделяющихся за 1 ч при работе станков в расчете на 1 кВт мощности устанавливаемых на станках электродвигателей.

Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, состоит на 30—40% из материала абразивного круга, на 60—70% из материала обрабатываемого изделия. Количество выделяющейся пыли зависит от размеров и твердости обрабатываемого материала, диаметра и окружной скорости круга, а также способа подачи изделия (рис. 2). Для круглошлифовальных станков выделение пыли составляет:

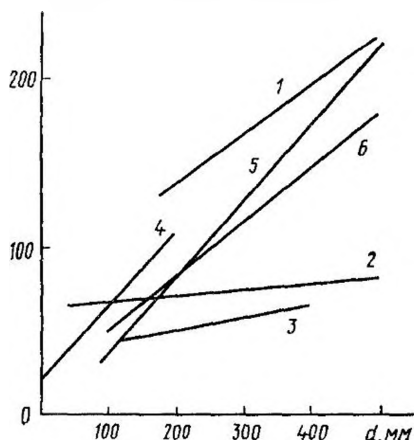


Рис. 2. Зависимость выделения пыли при абразивной обработке металла от диаметра шлифовального круга и типа станка:

1 — плоскошлифовальный, 2 — бесцентрошлифовальный; 4 — внутришлифовальный; 3 — зубошлифовальный, 5 — заточной; 6 — полировальный с войлочными кругами

Таблица 7

Оборудование	Масса, г		
	пары воды	масляный туман	туман эмульсола
Металлорежущие станки при масляном охлаждении	—	0,2	—
Металлорежущие станки при эмульсионном охлаждении	150	—	0,0063
Шлифовальные станки при охлаждении эмульсией и содовым раствором	150	—	0,165
Шлифовальные станки при охлаждении маслом	—	30	—

Диаметр шлифовального круга, мм	150	300	350	400	600	750	900
Выделение пыли, г/ч . . .	117	155	170	180	235	270	310

Пыль заточных станков инструментального цеха имеет частицы неправильной формы следующего дисперсного состава:

Размер частиц, мкм	<10	10—16	16—25	25—40	40—63	>63
Мас доли, %	0,5	3	14,5	35	37	10

Медианный размер пыли 38 мкм при среднеквадратичном отклонении $\sigma=1,64$; плотность материала частиц пыли 4,23 г/см³.

Значительное выделение пыли наблюдается при механической обработке древесины, стеклопластиков, графита и других неметаллических материалов. Так, при обработке текстолита, стеклоткани, карболита и органического стекла выделения пыли составляют (г/ч на единицу оборудования):

Обработка текстолита на станках:

токарных	50—80
фрезерных	100—120
зубофрезерных	20—40

Раскрой стеклоткани на ленточном станке 9—20

Обработка карболита на станках.

токарных и расточных	40—80
фрезерных	180—280
сверлильных	36—50

Резание органического стекла дисковыми пилами 800—950

При механической обработке полимерных материалов одновременно с пылеобразованием могут выделяться пары различных химических веществ и соединений (фенол, формальдегид, стирол и др.), входящих в состав обрабатываемых материалов.

Цехи производства неметаллических материалов. В машиностроении широкое применение находят стеклопластики, которые содержат стекловолоконный наполнитель и связующие смолы (ненасыщенные полиэфирные, фенолоформальдегидные, эпоксидные). Выделение вредных паров веществ при формировании и полимеризации для различных смол приведено в табл. 8.

При производстве эбонитовых изделий в вентиляционную систему попадают SO₂, CO, H₂S, пары бензина, толуола, глицерина, пыль. Особенно много вредных выбросов происходит в процессе производства пластмасс, синтетических волокон и т. п.

Сварочные цехи. На участках сварки и резки металлов состав и масса выделяющихся вредных веществ зависит от вида и режимов технологического процесса, свойств применяемых сварочных и свариваемых материалов. Наибольшие выделения вредных веществ характерны для процесса ручной электродуговой сварки покрытыми электродами. При расходе 1 кг электродов в процессе ручной дуговой сварки стали образуется до 40 г пыли, 2 г фтористого водорода, 1,5 г оксидов углерода и азота; в процессе сварки чугунов — до 45 г пыли и 1,9 г фтористого водорода.

При полуавтоматической и автоматической сварке (в защитной среде и без нее) общая масса выделяемых вредных веществ меньше в 1,5—2 раза, а при сварке под флюсом — в 4—6 раз.

Таблица 8

Марка смолы	Температура формирования и полимеризации, °С	Вредные вещества, г/кг				
		стирол	толуол	маленовый ангидрид	гипериз	ацетофенон
НПС-609-21м	5—15	25	9	0,9	0,05	0,04
	20—30	32	11	1,1	0,07	0,05
	40—50	40	14	1,4	0,08	0,06
	70	47	16	1,6	0,1	0,07
НПС-609-26с	5—15	20	3,6	0,07	0,07	0,05
	20—30	25	4,5	0,09	0,09	0,04
	40—50	32	5,7	0,11	0,11	0,05
	70	40	7	0,14	0,14	0,06
ПН-3	5—15	215	—	4,4	0,3	0,07
	20—30	260	—	5,2	0,4	0,22
	40—50	290	—	6	0,5	0,25
	70	340	—	7	0,5	0,3

Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером от 10—3 до 1 мкм, около 1% пыли имеет размер частиц 1—5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов. Валовые выделения вредных веществ при сварке (на 1 кг расходуемых сварочных материалов) приведены в табл. 9.

Газовая и плазменная резка металлов сопровождается выделением пыли и вредных газов. В табл. 10 приведены сведения о валовом выделении вредных веществ при резке металлов в пересчете на 1 м реза. Пыль представляет собой конденсат оксидов металлов, размер частиц которого не превышает 2 мкм. Химический состав пыли определяется главным образом маркой разрезаемого материала. При резке обычно выделяются токсичные соединения хрома и никеля, марганец, вредные газы — СО, NO_x, а при плазменной резке образуется еще и озон.

Для приближенной оценки массы (г) токсичных веществ, входящих в состав пыли и выделяющихся при резке 1 м металла, можно использовать соотношения:

	Формула*
Оксиды алюминия при плазменной резке сплавов алюминия	1,2δ
Оксиды титана при газовой резке титановых сплавов	3δ
Оксиды железа при газовой резке легированной стали	0,25δ
Марганец при газовой резке легированной стали	0,25δMn/100
Оксиды хрома при резке высоколегированной стали	0,065δCr/100

*δ — толщина разрезаемого листа металла, мм; Mn, Cr — содержание (%) марганца и хрома в стали.

Таблица 9

Вид сварки	Наименование и марка сварочных материалов	Сварочный аэрозоль, г/кг					Газы, г/кг		
		среднее количество	в том числе			прочие	NO _x	CO	HF
			Мп и его соединения	Cr ₂ O ₃	SiO ₂				
Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами	Электроды: УОНИ 13/45	14	0,51	—	1,4	(Фториды) 1,4	—	—	1,0
	АНО-3	17	1,85	—	—	—	—	—	—
	ЭА 606/11	11	0,68	0,6	—	—	1,3	1,4	0,004
Полуавтоматическая сварка сталей в среде CO ₂	Проволока: Св-08Г2С	9,7	0,5	0,02	—	(Fe ₂ O ₃) 7,48	—	14	—
	Св-Х19Н9Ф2С3	7	0,42	0,3	—	(Ni) 0,04	—	—	—
Автоматическая сварка сталей в среде CO ₂	Проволока: 08ХГН2МТ	6,5	—	—	0,03	(Ti) 0,4	0,8	11	—
Полуавтоматическая сварка алюминиевых сплавов в инертных газах	Проволока: АМЦ	22,1	0,62	—	—	(Al ₂ O ₃) 20,4	2,45	—	—
	Алюминиевая	10	—	—	—	—	0,9	—	—
Автоматическая сварка стали под флюсом	Флюсы: ОСЦ-45	0,09	0,03	—	0,03	(Фториды) 0,36	0,006	—	0,2
	АН-348А	0,1	0,024	—	0,05	(Фториды) 0,16	0,001	—	0,03
Полуавтоматическая сварка порошковой проволокой без газовой защиты	Проволока: ПП-ДСК-1	11,7	0,77	—	—	—	—	—	—
	ПП-АН-3	13,7	1,36	—	—	(Фториды) 2,7	—	—	—
Полуавтоматическая сварка меди и сплавов в среде азота	Электродная проволока: МНЖ-КГ-5-1-02-0,2	16,2	0,2	—	—	(Cu) 11 (Ni) 0,5	—	—	—

Участки пайки и лужения. В вентиляционный воздух на участках пайки и лужения выделяются токсичные газы (оксид углерода, фтористый водород), аэрозоли (свинец и его соединения) и т. п. Удельные выделения аэрозоля свинца (размер частиц 0,7—7 мкм) при лужении и пайке оловянно-свинцовыми припоями ПОС-40 и ПОС-61 составляют:

Пайка электропаяльниками мощностью 20—60 Вт . .	0,02—0,04 мг/100 паяк
Лужение погружением в припой (отнесено к поверхности ванны)	300—500 мг/(м ² ·ч)
Лужение и пайка волной (отнесено к поверхности волны)	3000—5000 мг/(м ² ·ч)

Т а б л и ц а 10

Процесс резки и марка металла	Толщина разрезаемого металла, мм	Пыль, г/м	Газы, г/м	
			СО	NO _x
Газовая резка стали 45Г17ЮЗ	5	2,5	1,4	1,1
	20	10,0	2,7	2,2
Газовая резка сплавов титана	4	5,0	1,0	0,5
	30	36,0	2,7	1,5
Плазменная резка сплава АМГ	8	2,5	0,6	2,5
	80	6,0	1,8	8,0
Плазменная резка стали 09Г2	14	5,0	2,0	10
	20	10,0	2,5	14

Массы оксида углерода, выделяющиеся при обжиге 1 г изоляции при температуре 800—900°C, следующие, мг: винипласт — 240, полихлорвинил — 180, полиэтилен — 100, фторопласт — 100, хлопок — 100, шелк — 200, шелк и винипласт — 190. При обжиге фторопластовой изоляции выделяется на 1 г изоляции 3 мг фтористого водорода.

Окрасочные цехи. Токсичные вещества в окрасочных цехах выделяются в процессах обезжиривания поверхностей органическими растворителями перед окраской, при подготовке лакокрасочных материалов, при их нанесении на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того, — окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль.

При обезжиривании изделий перед окраской в вентиляционные выбросы за счет испарения с поверхности зеркала ванны по-

ступают пары углеводородов с интенсивностью, г/(м²·мин): бензин 67—83, керосин 17—34, уайт-спирит 83—100.

Концентрации вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависят от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах окрасочных цехов могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 г/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³). Характеристики вентиляционных выбросов из окрасочных цехов приведены в табл. 11.

Таблица 11

Лакокрасочный материал	Тип отсоса	Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Концентрация, мг/м ³	
			ксилол	толуол
Эмаль МЛ-1-03	Камера с боковым отсосом	5 000	400	—
Эмаль МЛ-25	То же	1 700	170	—
Грунт ФЛ-03к	Напольная решетка	27 000	—	390
Нитроэмаль № 924	То же	33 000	—	70

Массу паров растворителей, выбрасываемых в атмосферу от окрасочного и сушильного оборудования, можно определить по формуле

$$m_p = m_1 k_1 k_2 k_3 (1 - \eta_p),$$

где m_1 — расход лакокрасочных материалов в г/ч; k_1 — доля растворителей в лакокрасочных материалах (при покрытии лаком в лакокрасочных машинах k_1 равен 0,6 и 0,8 соответственно для металлических и деревянных изделий); k_2 — коэффициент, учитывающий количество выделяющегося растворителя из лакокрасочного материала за время окраски и сушки (для камер окраски распылением равен 0,3, для сушильных установок — 0,7); k_3 — коэффициент, учитывающий поступление паров растворителей в рабочую зону (обычно 2—3%), равен 0,975; η_p — эффективность улавливания паров растворителей в системе очистки вентиляционных выбросов (для гидрофильтров, равная 0,3—0,35).

Массу выбросов аэрозоля от окрасочного оборудования с вентиляционным воздухом в атмосферу определяют по формуле

$$m_a = m_1 k_4 k_5 (1 - \eta_a),$$

где k_4 — доля лакокрасочных материалов, расходуемая на образование окрасочного аэрозоля, зависит от способа распыления краски; k_5 — коэффициент, учитывающий поступление окрасочно-

го аэрозоля в рабочую зону, обычно $k_5 \approx k_3$; η_a — эффективность улавливания окрасочного аэрозоля гидрофилътрами, обычно равная 0,92—0,98.

Приведем значения k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий.

Распыление	k_1	k_4
пневматическое	0,4	0,3
безвоздушное	0,22	0,025
гидроэлектростатическое	0,25	0,01
пневмоэлектростатическое	0,2	0,033
электростатическое	0,5	0,01
горячее	0,22	0,24
Электроосаждение	0,1	—
Окунание	0,35	—
Струйный облив	0,25	—

Анализ состава загрязнений, выбрасываемых в атмосферу машиностроительным предприятием, показывает, что кроме основных примесей атмосферы (CO , SO_2 , NO_x , C_nH_m , пыль) в выбросах содержатся и другие токсичные соединения, которые почти всегда оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду. Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах часто невелика, но из-за больших объемов вентиляционного воздуха валовые количества вредных веществ, поступающих в атмосферу, весьма значительны. В течение суток выбросы производятся неравномерно. Из-за небольшой высоты выброса, рассредоточенности и, как правило, плохой очистки они сильно загрязняют воздух на территории предприятий. Поскольку ширина санитарно-защитных зон для машиностроительных заводов обычно не превышает 100 м даже при наличии в составе завода литейных цехов, то возникают большие трудности в поддержании требуемой чистоты воздуха жилых зон, примыкающих к предприятию.

§ 3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ИСПЫТАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Наибольшие загрязнения атмосферного воздуха поступают от энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, уголь, природный газ и др.). Количество загрязнений определяется составом, объемом сжигаемого топлива и организацией процесса сгорания.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) и тепловые электрические станции (ТЭС). Доля загрязнений атмосферы от газотурбинных двигательных установок

(ГТДУ) и ракетных двигателей (РД) пока незначительна, поскольку их применение в городах и крупных промышленных центрах ограничено. В местах активного использования ГТДУ и РД (аэродромы, испытательные станции, стартовые площадки) загрязнения, поступающие в атмосферу от этих источников, сопоставимы с загрязнениями от ДВС и ТЭС, обслуживающих эти объекты.

Основные компоненты, выбрасываемые в атмосферу при сжигании различных видов топлива в энергоустановках,— нетоксичные диоксид углерода CO_2 и водяной пар H_2O . Однако кроме них в атмосферу выбрасываются и вредные вещества, такие, как оксид углерода, оксиды серы, азота, соединения свинца, сажа, углеводороды, в том числе канцерогенный бенз(а)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$, несгоревшие частицы твердого топлива и т. п.

При сжигании твердого топлива в котлах ТЭС образуется большое количество золы, диоксида серы, оксидов азота. Так, например, подмосковные угли имеют в своем составе 2,5—6,0% серы и до 30—50% золы. Дымовые газы, образующиеся при сжигании мазута, содержат оксиды азота, соединения ванадия и натрия, газообразные и твердые продукты неполного сгорания. Перевод установок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не влияет на выбросы SO_2 , так как мазуты, применяемые в качестве топлива, содержат два и более процентов серы.

При сжигании природного (неочищенного) газа в дымовых выбросах также содержатся оксид серы и оксиды азота. Следует отметить, что наибольшее количество оксидов азота образуется при сжигании жидкого топлива.

Современная ТЭС мощностью 2,4 млн. кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу 680 т SO_2 и SO_3 при содержании серы в топливе 1,7%; 200 т оксидов азота; 120—240 т твердых частиц (зола, пыль, сажа) при эффективности системы пылеулавливания 94—98%. Исследования показывают, что вблизи мощной электростанции, выбрасывающей в сутки 280—360 т SO_2 , максимальные концентрации ее с подветренной стороны на расстоянии 200—500, 500—1000 и 1000—2000 м составляют соответственно 0,3—4,9, 0,7—5,5 и 0,22—2,8 мг/м³.

Автотранспорт также является источником загрязнения атмосферы, количество автомашин непрерывно возрастает (рис. 3), особенно в крупных городах; а вместе с этим растет валовой выброс вредных продуктов в атмосферу. Автотранспорт в отличие от промышленных предприятий относится к движущимся источникам загрязнения, широко встречающимся в жилых районах и местах отдыха.

Токсическими выбросами ДВС являются отработавшие и картерные газы, пары топлива из карбюратора и топливного бака. Основная доля токсических примесей поступает в атмосферу с

отработавшими газами ДВС. С картерными газами и парами топлива в атмосферу поступает $\sim 45\%$ C_nH_m от их общего выброса.

Исследования состава отработавших газов ДВС показывают, что в них содержится несколько десятков компонентов, основные из которых приведены в табл. 12. Диоксид серы образуется в отработавших газах в том случае, когда сера содержится в исходном топливе (дизельное топливо).

Анализ данных, приведенных в табл. 12, показывает, что наибольшей токсичностью обладает выхлоп карбюраторных ДВС за счет большего выброса CO , NO_x , C_nH_m и др. Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи, обладая высокой адсорбционной способностью, несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных. Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая тем самым время воздействия токсических веществ на человека.

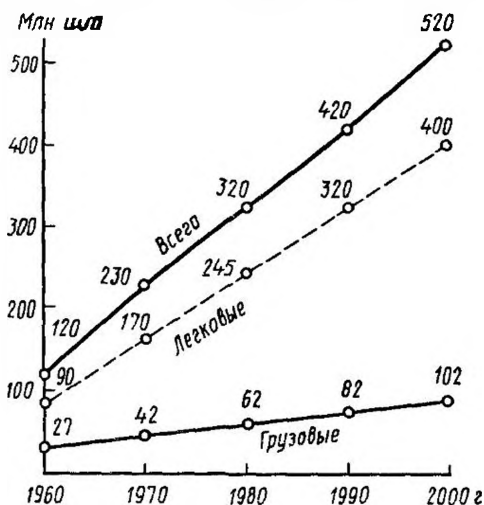


Рис. 3. Численность мирового парка автомобилей

Таблица 12

Компоненты	Содержание компонента, об. дол., %		Примечание
	карбюраторные ДВС	дизельные ДВС	
N_2	74—77	76—78	Нетоксичен
O_2	0,3—8	2—18	
H_2O (пары)	3,0—5,5	0,5—4,0	
CO_2	5,0—12,0	1,0—10,0	
H_2	0—5,0	—	
CO	0,5—12,0	0,01—0,50	Токсичен
NO_x (в пересчете на N_2O_5)	До 0,8	0,0002—0,5	
C_nH_m	0,2—3,0	0,009—0,5	
Альдегиды	До 0,2 мг/л	0,001—0,09 мг/л	
Сажа	0—0,04 г/м ³	0,01—1,1 г/м ³	
Бенз(а)пирен	10—20 мкг/м ³	до 10 мкг/м ³	

Состав отработавших газов ДВС зависит от режима работы двигателя. У двигателя, работающего на бензине, при неустановившихся режимах (разгон, торможение) нарушаются процессы смесеобразования, что способствует повышенному выделению токсичных продуктов. На рис. 4, а приведена зависимость состава

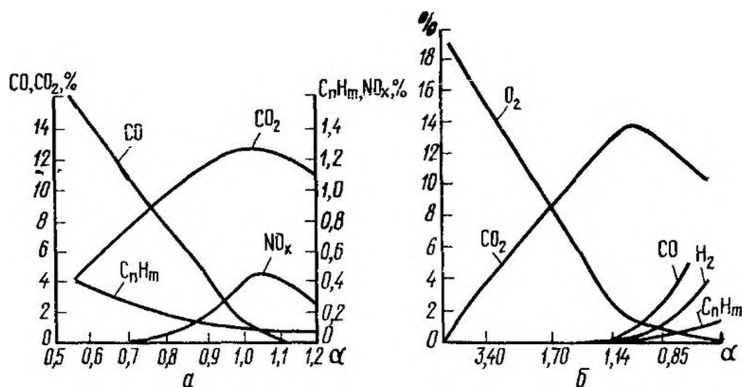


Рис. 4. Зависимость состава отработавших газов ДВС на бензине (а) и дизельном топливе (б) от коэффициента избытка воздуха

отработавших газов ДВС от коэффициента избытка воздуха. Переобогащение горючей смеси до коэффициента избытка воздуха $\alpha = 0,6—0,95$ на режиме разгона ведет к увеличению выброса несгоревшего топлива и продуктов его неполного сгорания.

В дизельных двигателях с уменьшением нагрузки состав горючей смеси обедняется, поэтому содержание токсичных компонентов в отработавших газах при малой нагрузке уменьшается (рис. 4, б). Содержание CO и C_nH_m возрастает при работе на режиме максимальной нагрузки.

Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработавших газов, зависит от общего технического состояния автомобилей и особенно от двигателя — источника наибольшего загрязнения. Так, при нарушении регулировки карбюратора выбросы CO увеличиваются в 4—5 раз.

Применение этилированного бензина, имеющего в своем составе соединения свинца, вызывает загрязнение атмосферного воздуха весьма токсичными соединениями свинца. Около 70% свинца, добавленного к бензину с этиловой жидкостью, попадает в виде соединений в атмосферу с отработавшими газами, из них 30% оседает на земле сразу за срезом выпускной трубы автомобиля, 40% остается в атмосфере. Один грузовой автомобиль средней грузоподъемности выделяет 2,5—3 кг свинца в год. Кон-

центрация свинца в воздухе зависит от содержания свинца в бензине:

Содержание свинца в бензине, г/л	0,15	0,20	0,25	0,50
Концентрация свинца в воздухе мкг/м ³	0,40	0,50	0,55	1,00

Исключить поступление высокотоксичных соединений свинца в атмосферу можно заменой этилированного бензина на неэтилированный, что используют в крупных городах СССР и ряде стран Западной Европы (ФРГ, Швеция и др.).

Валовые выбросы вредных веществ автомобильным транспортом СССР составляют, млн. т/год:

Автомобили:	1960 г	1970 г.	1980 г.
грузовые	9,05	18,99	30,63
легковые	0,82	1,3	4,23
автобусы	0,65	2,1	4,16
Всего:	10,52	22,39	39,02

Мировым парком автомобилей с ДВС ежегодно в атмосферу выбрасывается, млн. т: оксида углерода — 260; летучих углеводородов — 40; оксидов азота — 20.

Доля участия автомобильного транспорта в загрязнении атмосферного воздуха крупных городов мира составляет, %:

	Оксид углерода	Оксиды азота	Углеводороды
Москва	96,3	32,6	64,4
Ленинград	88,1	31,7	79
Токио	99	33	95
Нью-Йорк	97	31	63

В некоторых городах концентрация СО в течение коротких периодов достигает 200 мг/м³ и более, при нормативных значениях максимально разовых концентраций 40 мг/м³ (США) и 5 мг/м³ (СССР).

Выхлопные газы ГТДУ содержат такие токсичные компоненты, как СО, NO_x, углеводороды, сажу, альдегиды и др.

Исследования состава продуктов сгорания двигателей, установленных на самолетах «Боинг-747», показали, что содержание токсичных составляющих в продуктах сгорания существенно зависит от режима работы двигателя (табл. 13).

Таблица 13

Число оборотов двигателя	Содержание, г/кг топлива		
	СО	NO _x	C _n H _m
0,56 n _{ном}	87,9	0,7	9,8
0,83 n _{ном}	2,3	1,5	0,3
0,90 n _{ном}	—	4,4	—

* n_{ном} — номинальное число оборотов двигателя.

Как следует из табл. 13, высокие концентрации СО и C_nH_m характерны для ГТДУ на пониженных режимах (холостой ход, руление, приближение к аэропорту, заход на посадку), тогда как содержание оксидов азота NO_x (NO , NO_2 , N_2O_5) существенно возрастает при работе на режимах, близких к номинальному (взлет, набор высоты, полетный режим).

Суммарный выброс токсичных веществ в атмосферу самолетами с ГТДУ непрерывно растет, что обусловлено повышением расходов топлива до 20—30 т/ч и неуклонным ростом числа эксплуатируемых самолетов (данные США).

	1975 г.	1985 г.	1990 г.
Самолеты, шт.	5629	6028	6721
Суммарное топливо, млн. т в год	45,5	97	142
Выбросы NO_x , млн. т в год . .	0,287	0,548	0,832

Выброс оксидов азота зависит от вида и сорта сжигаемого горючего, качества и способа его подачи, состава топлива в камере сгорания и т. д., а также от тонкости распыления горючего форсуночным устройством и от суммарного коэффициента избытка воздуха α на выходе из камеры сгорания. Уменьшение диаметра капель и рост α сопровождается снижением содержания оксидов азота в единице массы выхлопных газов.

Наибольшее влияние на условия обитания выбросы ГТДУ оказывают в аэропортах и зонах, примыкающих к испытательным станциям. Сравнительные данные по выбросам вредных веществ в аэропортах показывают, что поступления от ГТДУ в приземный слой атмосферы составляют, %: оксиды углерода — 55, оксиды азота — 77, углеводороды — 93 и аэрозоль — 97. Остальные выбросы выделяют наземные транспортные средства с ДВС.

Загрязнение воздушной среды транспортом с ракетными двигателями установками происходит главным образом при их работе перед стартом, при взлете и посадке, при наземных испытаниях в процессе их производства или после ремонта; при хранении и транспортировке топлива, а также при заправке топливом летательных аппаратов. Работа жидкостного ракетного двигателя сопровождается выбросами продуктов полного и неполного сгорания топлива, состоящих из O , NO_x , OH и др. Состав продуктов сгорания при работе таких двигателей определяется коэффициентом соотношения компонентов топлива, температурой сгорания, процессами диссоциации и рекомбинации молекул. Количество продуктов сгорания зависит от мощности (тяги) двигателей установок.

При сгорании твердого топлива из камеры сгорания выбрасываются H_2O , CO_2 , HCl , CO , NO , Cl , а также твердые частицы Al_2O_3 со средним размером 0,1 мкм (иногда до 10 мкм).

В двигателях космического корабля «Шаттл» сжигается как

жидкое, так и твердое топливо. Продукты сгорания топлива по мере удаления корабля от Земли проникают в различные слои атмосферы (табл. 14), но большей частью в тропосферу.

В условиях запуска у пусковой системы образуется облако продуктов сгорания, водяного пара от системы шумоглушения, песка и пыли. Объем продуктов сгорания можно определить по времени (обычно 20 с) работы установки на стартовой площадке

Таблица 14

Атмосферный слой	Высота км	Продукты сгорания, кг						
		HCl	Cl	NO	CO	CO ₂	H ₂ O (пар)	Al ₂ O ₃
Приземный по граничный слой	0—0,5	24 666	2741	1697	131	55 075	46 674	39 284
Тропосфера	0,5—13	78 517	9657	4618	839	172 570	152 677	26 385
Стратосфера	13—50	59 732	11 727	293	2189	147 684	146 393	110 304
Нижняя мезо- сфера	50—67	0	0	0	0	0	15 542	0
Мезосфера-тер- мосфера	67	0	0	0	0	0	119 045	0

и в приземном слое. После запуска высокотемпературное облако поднимается на высоту до 3 км и перемещается под действием ветра на расстояние 30—60 км, оно может рассеяться, но может стать и причиной кислотных дождей.

При старте и возвращении на Землю ракетные двигатели неблагоприятно воздействуют не только на приземный слой атмосферы, но и на космическое пространство, разрушая озоновый слой Земли. Масштабы разрушения озонового слоя определяются числом запусков ракетных систем и интенсивностью полетов сверхзвуковых самолетов. За последние 30 лет в СССР произведено свыше 1300 запусков ракет-носителей. По прогнозам фирмы Аегосрасе в XXI в. для транспортировки грузов на орбиту будет осуществляться до 10 запусков ракет в сутки, при этом выброс продуктов сгорания каждой ракеты будет превышать 1,5 т/с.

В связи с развитием авиации и ракетной техники, а также интенсивным использованием авиационных и ракетных двигателей в других отраслях народного хозяйства существенно возрос их общий выброс вредных примесей в атмосферу. Однако на долю этих двигателей приходится пока не более 5% токсичных веществ, поступающих в атмосферу от транспортных средств всех типов. Согласно ГОСТ 17.2.1.01—76 выбросы в атмосферу классифицируют: 1) по агрегатному состоянию вредных веществ в выбросах, это — газообразные и парообразные (SO₂, CO, NO_x, углеводороды и др.); жидкие (кислоты, щелочи, органические соединения, растворы солей и жидких металлов); твердые (сви-

нец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и др.);

2) по массовому выбросу, выделяя шесть групп, т/сут: 1—мнее 0,01 вкл.; 2—св. 0,01 до 0,1 вкл.; 3—св. 0,1 до 1,0 вкл.; 4—св. 1,0 до 10 вкл.; 5—св. 10 до 100 вкл.; 6—св. 100.

В зависимости от размера частиц (мкм) жидкие выбросы делят на подгруппы: супертонкий туман—до 0,5 вкл.; тонкодисперсный туман—св. 0,5 до 3; грубодисперсный туман—св. 3 до 10 и брызги—св. 10. Твердые выбросы (мкм) делят на 4 подгруппы: 1—до 1 вкл.; 2—св. 1 до 10 вкл.; 3—св. 10 до 50 вкл.; 4—св. 50.

§ 4. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И СОСТАВ ПРИМЕСЕЙ СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

На территории промышленных предприятий образуются сточные воды трех видов. бытовые, поверхностные и производственные.

Бытовые сточные воды предприятий образуются при эксплуатации на его территории душевых, туалетов, прачечных и столовых. Предприятие не отвечает за качество данных сточных вод и направляет их на городские (районные) станции очистки.

Поверхностные сточные воды образуются в результате смыывания дождевой, талой и поливочной водой примесей, скапливающихся на территории, крышах и стенах производственных зданий. Основными примесями этих вод являются твердые частицы (песок, камень, стружки и опилки, пыль, сажа, остатки растений, деревьев и т. п.); нефтепродукты (масла, бензин и керосин), используемые в двигателях транспортных средств, а также органические и минеральные удобрения, используемые в заводских скверах и цветниках. Каждое предприятие отвечает за загрязнение водоемов, поэтому необходимо знать объем сточных вод данного типа.

Расход поверхностных сточных вод рассчитывают в соответствии со СНиП П2.04.03—85 «Нормы проектирования. Канализация. Наружные сети и сооружения» по методу предельной интенсивности. Для каждого сечения водостока расчетный расход определяют по формуле $Q_s = AF_p\beta$, где A — параметр, характеризующий интенсивность осадков в зависимости от климатических особенностей местности, в которой расположено предприятие; $F_p = F\eta\alpha$ — расчетная площадь стока, F — площадь территории предприятия; η — коэффициент, зависящий от площади; α — коэффициент стока, определяемый в зависимости от проницаемости поверхности; β — коэффициент замедления стока, учитывающий особенности процессов сбора поверхностных сточных вод и движения их в лотках и коллекторах. Рекомендуемые значения η и α , а также формулы для определения A и β см. [36].

Вид машиностроительного предприятия	Вид продукции, с	Система водоснабжения
Литейные заводы	Обработанное литье	Оборотная
Заводы тяжелого станкостроения	Масса станков	»
Заводы прецизионного станкостроения	То же	»
Заводы по производству режущих инструментов	Инструмент	»
Заводы по выпуску насосов	Изделия	Прямая и обратная

Таблица 15

Среднегодовой расход воды на единицу продукции, м³			Среднегодовой объем сточных вод на единицу продукции, м³			Безвозвратные потери воды на единицу продукции, м³
оборотная, по следовательно используемая	свежая из источника		очищенные	не требующие очистки	фильтрационные из шламоуловителей	
	техническая	питьевая				
110	14	3	7	1	1	8
200	21	38	41	4	0	14
700	50	40	41	14	0	35
150	30	15	10	16	0	19
0,02	0	23,2	6	16,9	0	0,3

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических процессах. Их количество, состав и концентрацию примесей определяют типом предприятия, его мощностью, видами используемых технологических процессов.

Для обеспечения промышленных предприятий в СССР ежегодно забирается из естественных источников водоснабжения 100 млрд. м³ воды, при этом 90% этого количества возвращается обратно в водоемы с различной степенью загрязнения. Около 10% общего водопотребления промышленности приходится на машиностроительные предприятия, где воду используют на охлаждение (подогрев) исходных материалов и продукции, деталей и узлов технологического оборудования; приготовление различных технологических растворов; промывку, обогащение и очистку исходных материалов или продукции; хозяйственно-бытовое обслуживание.

На основе анализа систем водоснабжения определяют объем воды, потребляемой и сбрасываемой машиностроительными предприятиями. Эти нормы (табл. 15) используют при проектировании и реконструкции предприятий.

Металлургические цехи Воду используют в основном для охлаждения печей. Основным видом примесей образующихся сточных вод являются взвешенные вещества и масла.

Литейные цехи. Вода используется на операциях гидравлической выбивки стержней, транспортировки и промывки формовочной земли в отделениях регенерации, а также на гидротранспорт отходов горелой земли и систему обеспечивающей вентиляции. Образующиеся при выполнении этих операций сточные воды загрязняются глиной, песком, зольными остатками от выгоревшей части стержневой смеси и связующими добавками формовочной смеси. Концентрация этих веществ зависит от применяемого оборудования, исходных формовочных материалов и может достигать значений 5 кг/м³.

В качестве примера приводим массовый и фракционный составы загрязнений сточных вод литейного цеха Новосибирского завода «Тяжстанкогидропресс» (плотность взвеси в указанной сточной воде 2400 кг/м³):

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Летучие вещества
Мас доля, % . .	80,6	1,99	2,44	6,9	0,8	7,27
Диаметр частиц, мкм . . .	> 250 250÷102	102÷40	40÷25 25÷10	10÷4 4÷2,5	2,5÷1,6	1,6÷1 <1
Фракционный состав, % . . .	1 12,8	20,6	20 30,1	5,1 5,5	1,9	1,7 1,3

Кузнечно-прессовые и прокатные цехи. Основными примесями сточных вод, используемых для охлаждения технологического оборудования, поковок, гидросбива металлической окалины и об-

работки помещения, являются частицы пыли, окалины и масла. Например, при прокатке металлов на крупносортовых, средне- и мелкосортовых прокатных станах образуется соответственно до 2, 3 и 4% окалины от массы прокатываемого металла; при этом масса частиц размером более 1 мм составляет ~90% всей массы окалины.

Механические цехи. Вода используется для приготовления смазочноохлаждающих жидкостей, промывки окрашиваемых изделий, для гидравлических испытаний и обработки помещения. Основными примесями сточных вод являются пыль, металлические и абразивные частицы, сода, масла, растворители, мыла, краски. В табл. 16 представлены характеристики шлама, выделенного из отстойника сточных вод шлифовального участка.

Таблица 16

Характеристика шлама	Вид шлифования		
	черновое	получерновое	чистовое
Плотность, кг/м ³	4075	3700	3150
Средний диаметр частиц, мм			
металлических	0,8	0,65	0,5
абразивных	0,5	0,4	0,32
Содержание частиц в шламе, %			
металлических	95,5	92,5	90,5
абразивных	4,5	7,5	9,5
Количество шлама от одного станка, кг/ч	1,4	1	0,6

Термические участки. Для приготовления технологических растворов, используемых при закалке, отпуске и отжиге деталей; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и для обработки помещения используют воду. Основные примеси сточных вод — пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, цианиды, масла и щелочи.

Травильные и гальванические участки. Вода используется для приготовления технологических растворов, применяемых при травлении материалов и деталей и нанесения на них покрытий; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и обработки помещения. Основные примеси сточных вод — пыль, металлическая окалина, эмульсии, щелочи и кислоты, тяжелые металлы и циан.

Типовой состав примесей сточных вод для указанных цехов и участков представлен в табл. 17. Следует отметить, что в сварочных, монтажных, сборочных, испытательных цехах машино-

Таблица 17

Тип цехов и участков	Виды сточных вод	Основные примеси	Концентрация примесей, кг/м³	Температура, °С
Металлургические	От охлаждения печей	Взвешенные вещества Масла	0,01...0,05 0,01	40...45
Литейные	От влажной газоочистки	Мелкодисперсная минеральная пыль	2...4	65
	От грануляторов стержневых смесей	Песок, частицы шлака	20.. 40	50
	От гидробивки литья и регенерации земель	Песок, окалина, глина Органические вещества	0,5...15 0,05	15...30
Кузнечно-прессовые	От охлаждения поковок и оборудования	Взвешенные вещества минерального происхождения	0,1...0,2	
		Окалина Масла	5...8 10...15	30..40
Механические	Отработанные смазочно-охлаждающие жидкости	Взвешенные вещества Сода Масла	0,2...1 5...10 0,5...2	15...20
	Из гидрокамер окрасочных отделений	Органические растворители Масла, краска	0,1...0,2 0,1...0,3	15...25
	Из отделений гидравлических испытаний	Взвешенные вещества Масла	0,1.. 0,2 0,03..0,05	15.. 20
Термические	Промывные растворы	Окалина Щелочи Масла	0,02...0,03 0,02...0,03 0,01...0,02	50...60
	Из закалочных ванн	Взвешенные вещества минерального происхождения Тяжелые металлы Масла Цианиды	0,05...0,25 0,03...0,15 0,001...0,01 0,002...0,05	30...40
Травильные	Промывные воды	Механические Маслоэмульсии Щелочи Кислоты	0,4 0,05...0,1 0,02...0,2 0,02...0,25	15...25

Тип цехов и участков	Виды сточных вод	Основные примеси	Концентрация примесей, кг/м³	Температура, °С
Гальванические	Отработанные растворы	Механические Маслоэмульсии Щелочи Кислоты	10 20 10 20 30 30 50	15 25
	Промывные воды	Хром Циан	0,005 0,2 0,005 0,15	20 30
	Отработанные электролиты	Тяжелые металлы	0 10	20 25
		Кислоты	0,04 20	
		Щелочи	0,02 30	
		Масла Хром Циан	0,02 0,05 5 200 10 100	

строительных предприятий сточные воды содержат механические примеси, маслопродукты, кислоты и т. п. в значительно меньших концентрациях, чем в рассмотренных видах цехов и участков.

§ 5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ОТХОДАМИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Твердые отходы машиностроительного производства содержат амортизационный лом (модернизация оборудования, оснастки, инструмента), стружки и опилки металлов, древесины, пластмасс и т. п., шлаки, золы, шламы, осадки и пыли (отходы систем очистки воздуха и др.).

Количество амортизационного лома зависит от намеченного списания в лом изношенного оборудования и имущества, а также от замены отдельных деталей в планово-предупредительном ремонте. На машиностроительных предприятиях 55% амортизационного лома образуется от замены технологической оснастки и инструмента. Безвозвратные потери металла вследствие истирания и коррозии составляют ~25% от общего количества амортизационного лома.

Размеры отходов металла в производстве зависят от количества металла и сплавов, подлежащих переработке, и установленного коэффициента отходов. В основном машиностроительные предприятия образуют отходы от производства проката (концы, обрезки, обдирочная стружка, опилки, окалины и др.); производства литья (литники, сплески, шлаки и съемы, сор и др.); механической обработки (высечки, обрезки, стружки, опилки и др.). На предприятиях машиностроения отходы составляют 260 кг на одну тонну металла, иногда эти отходы составляют 50% массы

обрабатываемых заготовок (при листовой штамповке потери металла достигают 60%). Основными источниками образования отходов легированных сталей являются металлообработка (84%) и амортизационный лом (16%).

В машиностроении на 1 млн. т потребляемых черных металлов безвозвратные потери металла, исчисляемые в тыс. т, составляют 5,4 — при обдирке, шлифовке, распиловке и других видах обработки, 2,1 — ковке, горячей штамповке и термической обработке (потери от окалины); 14 — травление металла; 15,2 — за счет неполного сбора отходов. Окончательными отходами считают такие, переработка которых нерентабельна из-за незначительного содержания в них металлов. Отнесение к нерентабельным и перевод их в отвальные шлаки и окончательные отходы решается руководством министерства или ведомства.

Шламы из отстойников очистных сооружений и прокатных цехов содержат большое количество твердых материалов, кон-

Таблица 18

Вещества	Источники загрязнения почвы			
	промышленность	транспорт	ТЭС, АЭС	сельское хозяйство
Газы (CO_2 , CO , SO_2 , NO_x , H_2S)	+	+	+	—
Тяжелые металлы и их соединения (Hg, Pb, Cd и др.)	+	+	+	+
Циклические углеводороды, бенз(а)пирен	+	+	—	+
Радиоактивные вещества	+	—	+	—
Нитраты, нитриты, фосфаты	—	—	—	+
Пестициды	—	—	—	+

центрация которых составляет от 20 до 300 г/л. После обезвреживания и сушки шламы используют в качестве добавки к агломерационной шихте или удаляют в отвалы. Шламы термических, литейных и других цехов содержат токсичные соединения свинца, хрома, меди, цинка, а также цианиды, хлорофос и др.

В небольших количествах промышленные отходы могут содержать ртуть, вылитую из вышедших из эксплуатации приборов и установок. Отходы, образующиеся на предприятиях машиностроения в результате использования радиоактивных веществ, обычно содержат небольшое количество изотопов с коротким периодом полураспада до 15 сут. Отходы производства, технология переработки которых еще не разработана, складывают и хранят до появления новой (рациональной) технологии переработки отходов.

Обычно твердые отходы машиностроительного предприятия составляют, т/год:

Шлак, окалина, зола	40 000
Горелая формовочная земля	3 800
Шламы, флюсы	600
Абразивы	0,5—48
Древесные отходы	100—1500
Пластмассы	780
Бумага, картон	2,6—12
Мусор	150—20 000

В табл. 18 приведены основные источники и наиболее распространенные группы веществ химического загрязнения почвы.

§ 6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Источники шума. Шум в окружающей среде — в жилых и общественных зданиях, на прилегающих к ним территориях создается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания. Это прежде всего транспортные средства, техническое оборудование промышленных и бытовых предприятий, вентиляторные, газотурбокомпрессорные установки, станции для испытания ГТДУ и ДВС, различные аэрогазодинамические установки, санитарно-техническое оборудование жилых зданий, электрические трансформаторы. Без принятия соответствующих мер по снижению шума его уровни* могут существенно превышать (на 20—50 дБ) нормативные величины. За последние десятилетия наблюдается непрерывное увеличение шума в крупных городах. Расчеты показывают, что в ближайшие 20—30 лет уровни шума на скоростных и городских магистралях возрастут на 7—10 дБ. Высокие уровни шума имеют место в жилых домах, школах, больницах, местах отдыха населения и т. д., что приводит к повышению нервного напряжения.

Шумы, воздействующие на человека, классифицируются по спектральным и временным характеристикам.

По характеру спектра шумы подразделяют на *широкополосные*, имеющие непрерывный спектр шириной более одной октавы, и *тональные*, в спектре которых есть слышимые дискретные тона.

* Характеристикой постоянного во времени шума являются *уровни звукового давления* L , выражаемые в децибелах (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, определяемые по формуле $L = 20 \lg p/p_0$, где p — среднеквадратичное значение звукового давления, Па, p_0 — исходное значение звукового давления в воздухе, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для ориентировочной оценки (например, при проверке органами надзора или выявлении необходимости осуществления мер по шумоглушению) в качестве характеристики постоянного широкополосного шума принимается уровень звука L_A в дБА, измеряемый на временной характеристике шумомера «медленно».

Тональность шума устанавливают по результатам измерений уровней звукового давления в третьоктавных полосах частот, когда превышение уровня в одной полосе над соседними составляет не менее чем в 10 дБ.

По временным характеристикам шумы подразделяют на *постоянные*, уровень звука которых изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно», и *непостоянные*, для которых это изменение превышает 5 дБА. Непостоянные шумы могут быть:

- колеблющимися во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется;

- прерывистыми, уровень звука которых ступенчато изменяется (на 5 дБА и более) несколько раз за время наблюдения, при этом источник шума работает с перерывами (паузами) между интервалами, в течение которых (одна секунда и более) уровень остается постоянным и превышающим уровень фонового шума;

- импульсными, состоящими из одного или нескольких звуковых импульсов (сигналов), каждый длительностью менее одной секунды, при этом уровни звука, измеренные соответственно на временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются не менее чем на 7 дБА.

На рис. 5 приведены примеры шумов, встречающихся в практике. Так, шум в жилой застройке, возникающий при испытании турбореактивного двигателя, является широкополосным (рис. 5, а), поскольку он имеет непрерывный спектр не только в одной октаве, но и во всем измеряемом диапазоне частот. Такой широкополосный шум может быть постоянным во времени (длительные испытания двигателя). Шум осевого вентилятора на территории жилой застройки имеет тональный характер (рис. 5, б), так как уровень звукового давления в третьоктавной полосе частот со среднегеометрической частотой 125 Гц более чем на 10 дБ превышает уровни в соседних полосах. Шум транспорта в аудиториях учебного заведения (рис. 5, в) может быть колеблющимся во времени, а шум воздухоразделительной установки при периодическом сбрасывании сжатого воздуха (рис. 5, г) — прерывистым. Наконец, шум молота имеет импульсный характер (рис. 5, д).

Человек реагирует на шум в зависимости от субъективных особенностей организма, привычного шумового фона. Раздражающее действие шума зависит прежде всего от его уровня, а также от спектральных и временных характеристик. Считается, что шум с уровнем ниже 60 дБА вызывает нервное раздражение, поэтому неслучайно, что рядом исследователей установлена прямая связь между возрастающим уровнем шума в городах и увеличением числа нервных заболеваний.

Источники инфразвуковых волн. Инфразвуковые источники могут быть как естественными (обдувание сильным ветром строительных сооружений или водной поверхности), так и искусственными (промышленными). К последним относят: механизмы с большой поверхностью, совершающие вращательное или возвратно-поступательное движение (виброгрохоты, виброплощадки и т. п.), с числом рабочих циклов не более 20 раз в секунду (инфразвук механического происхождения); реактивные двигатели;

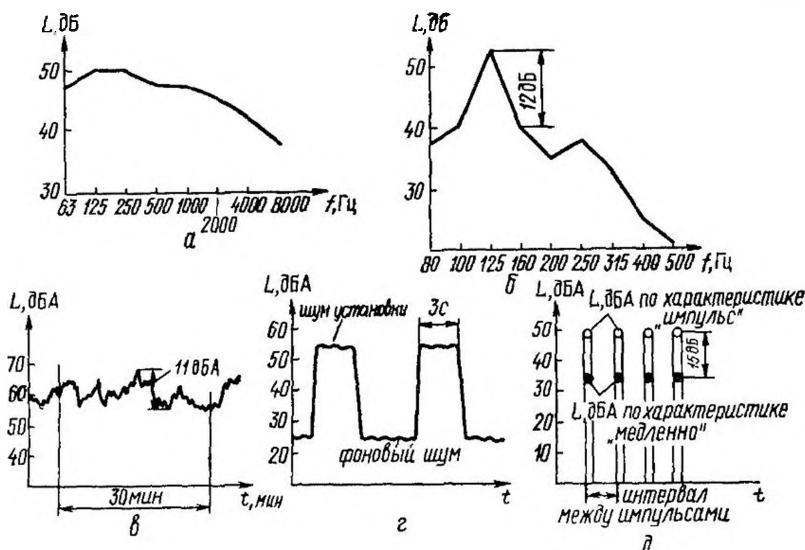


Рис. 5. Виды спектров шума в окружающей среде:

а — турбореактивного двигателя; б — осевого вентилятора; в — транспортных средств; г — воздухо rozdельной установки, д — молота

ДВС большой мощности; турбины; мощные аэродинамические установки; вентиляторы, компрессоры и другие установки, создающие большие турбулентные массы потоков газов (инфразвук аэродинамического происхождения); транспорт.

Инфразвук воспринимается человеком за счет слуховой и тактильной чувствительности. Так, при частотах 2—5 Гц и уровне звукового давления 100—125 дБ наблюдается осязаемое движение барабанных перепонок из-за изменения звукового давления в среднем ухе, затрудненное глотание, головная боль. Повышение уровня до 125—137 дБ может вызывать вибрацию грудной клетки, чувство «падения», летаргию. Инфразвук с частотой 15—20 Гц вызывает чувство страха. Известно влияние инфразвука на вестибулярный аппарат и снижение слуховой чувствительности. Все названные аномалии приводят к нарушению нормальной жизнедеятельности человека и проявляются даже на достаточно уда-

ленных от источников инфразвука расстояниях (до 800 м). Инфразвук может оказывать и косвенное воздействие (дребезжание стекол, посуды и др.), что в свою очередь обуславливает высоко-частотные шумы с уровнем более 40 дБА.

Источники вибраций. Технологическое оборудование ударно-го действия (молоты и прессы), мощные энергетические установки (насосы, компрессоры, двигатели), рельсовый транспорт предприятий и коммунального хозяйства (метрополитен, трамвай), а также железнодорожный транспорт относятся к источникам вибрации. Во всех случаях вибрации распространяются по грунту и достигают фундаментов общественных и жилых зданий, часто вызывая звуковые колебания. Передача вибраций через фундаменты и грунт может способствовать их неравномерной осадке, приводящей к разрушению расположенных на них инженерных и строительных конструкций. Особенно это опасно для грунтов, насыщенных влагой. Источником вибрации может быть инженерное оборудование зданий (лифты, насосные установки), системы отопления, канализации, мусоропроводов.

Во всех случаях вибрации вызывают раздражающее действие либо помехи для трудового процесса в общественных зданиях. Протяженность зоны воздействия вибраций в окружающей среде определяется величиной их затухания в грунте, которая, как правило, составляет 1 дБ/м (в водонасыщенных грунтах это затухание несколько больше). Чаще всего на расстоянии 50—60 м от магистралей рельсового транспорта вибрации практически затухают. Применительно к оборудованию кузнечно-прессовых цехов зона действия вибраций значительно больше, и для молотов с облегченными фундаментами она может составлять до 150—200 м.

Расчет амплитуд вертикальных (горизонтальных) колебаний грунта при вертикальных (горизонтальных) вибрациях фундамента машин с динамическими нагрузками производят по формуле

$$A_r = A_0 \left\{ \frac{1}{\bar{r} [1 + (\bar{r} - 1)^2]} + \frac{\bar{r}^2 - 1}{(\bar{r}^2 + 1) \sqrt{3\bar{r}}} \right\},$$

где A_r — амплитуда вертикальных (горизонтальных) колебаний грунта в точках, расположенных на расстоянии r от оси фундамента, являющегося источником волн в грунте; A_0 — амплитуда свободных или вынужденных вертикальных (горизонтальных) колебаний фундаментов определяется по СНиП 2.02.05—87;

$r_0 = \sqrt{F/\pi}$ — приведенный радиус подошвы фундамента, $\bar{r} = r/r_0$; F — площадь подошвы фундамента (основания). Частоту волн, распространяющихся в грунте, принимают равной частоте колебаний фундамента машины.

Источники электромагнитных полей (ЭМП). Повсеместно имеется естественное магнитное поле Земли, напряженность которого

увеличивается с широтой. Однако известны и глобальные региональные аномалии поля в местах залежей железной руды.

Вследствие широкого применения источников электромагнитной энергии в различных отраслях народного хозяйства, науке и технике резко возрос общий электромагнитный фон Земли. Особенно это заметно в крупных городах с высокоразвитой промышленностью и мощными радиотехническими объектами. Основные источники ЭМП радиочастот антропогенного происхождения радиотехнические объекты (РТО), телевизионные и радиолокационные станции (РЛС), термические цеха и участки (в зонах, примыкающих к машиностроительным предприятиям). Воздействие на окружающую среду ЭПМ промышленной частоты чаще всего связано с высоковольтными линиями (ВЛ) электропередач, источниками постоянных магнитных полей являются промышленные предприятия.

Зоны с повышенными уровнями ЭПМ, источниками которых могут быть РТО и РЛС, имеют размеры до 100—150 м. При этом даже внутри зданий, расположенных в этих зонах, плотность потока энергии, как правило, выше допустимых значений. ЭПМ промышленной частоты в основном поглощаются почвой, поэтому на небольшом расстоянии от линий электропередач (50—100 м) напряженность этого поля падает с десятков тысяч до нескольких десятков вольт на метр.

Наблюдения и результаты экспериментов показали, что электромагнитные излучения космического, земного и околоземного происхождения играют определенную роль в организации жизненных процессов на Земле. Так, давно известна высокая степень влияния солнечной активности на все виды биологической деятельности живых организмов, на рост эпидемий различных инфекционных заболеваний. С изменением интенсивности геомагнитного поля связывают годовой прирост деревьев, урожай зерновых культур, случаи обострения инфаркта миокарда и психических заболеваний среди населения, а также число дорожных катастроф.

Количественные и качественные характеристики ЭМП, существенно отличающиеся от значений, к которым человек и другие объекты биосферы приспособились в течение эволюции, могут вызывать функциональные нарушения, иногда перерастающие в заболевания. В связи с этим вполне справедлива постановка вопроса об оптимизации электромагнитных условий, о создании так называемого электромагнитного комфорта.

Воздействие ЭМП на окружающую среду связано с накоплением заряда на предметах, не имеющих связи с землей. В этом случае возможен переход электрического потенциала накопленных зарядов на заземленные предметы (элементы систем отопления, водопровода и канализации). Этот заряд может вызвать у человека испуг, произвольное движение и, как следствие этого, травму.

При длительном постоянном воздействии ЭМП радиочастотного

диапазона на организм человека наблюдаются нарушения сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем. Субъективно это проявляется в постоянных головных болях, повышенной утомляемости, слабости, нарушении сна, повышенной раздражительности, ухудшении памяти и др. Вегетативные нарушения проявляются в дрожании рук и век, потливости, непостоянстве температуры тела.

Электрическое поле вблизи ВЛ также оказывает на человека вредные воздействия, а именно: непосредственные, проявляющиеся при пребывании в электрическом поле с напряженностью 1000 В/м и выше и усиливающиеся с увеличением напряженности поля и времени пребывания в нем; электрические разряды (импульсный ток), возникающие при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям и протяженным проводникам или при прикосновении изолированного от земли человека к заземленным конструкциям и объектам; ток стекания, проходящий через человека при контакте с изолированными от земли объектами (крупногабаритными предметами, машинами и механизмами, протяженными проводниками).

Кроме того, электрическое поле может стать причиной воспламенения или взрыва паров горючих материалов и смесей в результате возникновения электрических разрядов при соприкосновении предметов и людей с машинами и механизмами.

Источники ионизирующих излучений. Воздействие ионизирующего излучения на человека может происходить в результате внешнего и внутреннего облучения. Внешнее облучение вызывают источники рентгеновского, γ -излучения и потоки протонов и нейтронов, находящиеся вне организма. Внутреннее облучение вызывают α - и β -частицы, которые попадают с радиоактивными веществами в организм человека через органы дыхания и пищеварительный тракт.

Приведем основные источники ионизирующего облучения человека в окружающей среде и средние эквивалентные дозы облучения, мкЗв/год (в скобках указаны эквивалентные дозы облучения для населения СССР на равнинной местности):

Естественный фон	
космическое облучение	320(300)
облучение от природных источников	
внешнее	350(320)
внутреннее	2000(1050)
Антропогенные источники:	
медицинское обслуживание	400—700(1500)
ТЭС (в радиусе 20 км)	5,3
АЭС (в радиусе 10 км)	1,35
радиоактивные осадки (главным образом последствия испытаний атомного оружия в атмосфере)	75—200
телевизоры, дисплеи	4—5* при $l=2$ м
керамика, стекло	10
авиационный транспорт на высоте 12 км	5 мкЗв/ч

* Доза облучения увеличивается с уменьшением расстояния l до экрана. При $l=10$ см доза облучения возрастает до 250—500 мкЗв/год.

Для человека, проживающего в промышленно развитых регионах, годовая суммарная эквивалентная доза облучения из-за высокой частоты рентгенодиагностических обследований достигает 3000 — 3500 мкЗв/год (средняя на Земле доза облучения равна 2400 мкЗв/год), предельно допустимая доза для профессионалов (категория А) составляет 0,05 Зв/год.

Развитие техники сопровождается ростом числа и мощности источников ионизирующего излучения. Это прежде всего предприятия, добывающие и перерабатывающие ядерное горючее, атомные электростанции (АЭС), хранилища отходов, научно-исследовательские институты, испытательные полигоны и др.

Дозы облучения жителей, проживающих вокруг предприятий по переработке ядерного топлива на расстоянии до 200 км, колеблются от 0,1 до 65 % от естественного фона излучения.

Дозы облучения, создаваемые антропогенными источниками (за исключением облучений при медицинских обследованиях), невелики по сравнению с естественным фоном ионизирующего облучения, что достигается применением средств коллективной защиты. В тех же случаях, когда нормативные требования и правила радиационной безопасности не соблюдаются, уровни ионизирующего воздействия резко возрастают.

Наибольшую опасность представляют аварийные режимы работы указанных объектов. В мире работает более 370 энергетических реакторов, на которых произошло уже более 150 аварий [33] с утечкой радиоактивных веществ. Так, авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС в первые дни после аварии привела к повышению уровней радиации над естественным фоном до 1000—1500 раз в зоне около станции и до 10—20 раз в радиусе 200—250 км. При авариях все продукты ядерного деления высвобождаются в виде аэрозолей (за исключением редких газов и йода) и распространяются в атмосфере в зависимости от силы и направления ветра. Размеры облака в поперечнике могут изменяться от 30 до 300 м, а размеры зон загрязнения в безветренную погоду могут иметь радиус до 180 км при мощности реактора 100 МВт. Влияние радионуклидов в водоемах значительно сложнее, чем в атмосфере. Это обусловлено не только скоростью рассеивания, но и их склонностью к концентрированию в водных организмах, к накоплению в почве. Приведем распределение (%) отдельных радиоизотопов между составляющими пресноводного водоема:

Изотоп	Вода	Грунт	Биомасса
³² P	10	28	62
⁶⁰ Co	21	58	21
⁹⁰ Sr	48	27	25
¹³¹ I	58	13	29
¹³⁷ Cs	6	90	4

Приведенные показатели свидетельствуют о том, что вода, составляющая 85 % массы Земли, содержит лишь 27 % радиоизотопов,

а биомасса, составляющая 0,1%, накапливает до 28% радиоизотопов.

Миграция радиоактивных веществ в почве определяется в основном ее гидрологическим режимом и химическим составом почвы и радионуклидов. Меньшей сорбционной емкостью обладает песчаная почва, большей — глинистая почва, суглинки и черноземы. Высокой прочностью удержания в почве обладают ^{90}Sr и ^{137}Cs . Ориентировочные значения радиоактивного загрязнения сухой массы, культурных растений следующие, Бк/кг:

Культура	^{90}Sr	^{137}Cs
Пшеница	2,849	10,730
Морковь	0,555	1,887
Капуста	0,469	2,109
Картофель	0,185	1,406
Свекла	0,666	1,702
Яблоки	0,333	1,998

Эти загрязнения, обусловленные глобальными поступлениями радиоактивных веществ в почву, не превышают допустимые уровни. Опасность возникает лишь в случаях произрастания культур в зонах с повышенным радиоактивным загрязнением.

Развитие атомной энергетики сопровождается ростом радиоактивных отходов предприятий по добыче и переработке ядерного горючего. Активность отходов по данным [33] составляет (Бк): 1970 г. — $5,55 \cdot 10^{20}$; 1980 г. — $2,035 \cdot 10^{21}$; 2000 г. — $1,11 \cdot 10^{22}$. Главную опасность в экологическом отношении представляют отходы заводов по переработке тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ).

§ 7. ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Неуклонный рост поступлений токсичных веществ в окружающую среду прежде всего отражается на здоровье населения, ухудшает качество продукции сельского хозяйства, снижает урожайность, преждевременно разрушает жилища, металлоконструкции промышленных и гражданских сооружений, оказывает влияние на климат отдельных регионов и состояние озонового слоя Земли, приводит к гибели флоры и фауны.

Загрязнение атмосферы

Поступающие в атмосферу оксиды углерода, серы, азота, углеводороды, соединения свинца, пыль и т. д. оказывают различное токсическое воздействие на организм человека. Приведем свойства некоторых примесей.

Оксид углерода CO . Бесцветный и не имеющий запаха газ. Воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает удушье. Первичные симптомы отравления оксидом углерода (по-

явление головной боли) возникают у человека через 2—3 ч его пребывания в атмосфере, содержащей 200—220 мг/м³ СО; при более высоких концентрациях СО появляется ощущение пульса в висках, головокружение. Токсичность СО возрастает при наличии в воздухе оксидов азота, в этом случае концентрацию СО в воздухе необходимо снижать в ~ 1,5 раза

Оксиды азота NO_x (NO, NO₂, N₂O₃, NO₅, N₂O₄). В атмосферу выбрасывается в основном диоксид азота NO₂ — бесцветный не имеющий запаха ядовитый газ, раздражающе действующий на органы дыхания. Особенно опасны оксиды азота в городах, где они, взаимодействуя с углеводородами выхлопных газов, образуют фотохимический туман — смог.) Отравляющее действие оксидами азота начинается с легкого кашля. При повышении концентрации NO_x возникает сильный кашель, рвота, иногда головная боль. При контакте с влажной поверхностью слизистой оболочки оксиды азота образуют кислоты HNO₃ и HNO₂, которые и приводят к отеку легких.

Диоксид серы SO₂. Бесцветный газ с острым запахом, уже в малых концентрациях (20—30 мг/м³) создает неприятный вкус во рту, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательные пути.

Наиболее чувствительны к SO₂ хвойные и лиственные леса, так как он накапливается в листьях и хвое. При содержании SO₂ в воздухе от 0,23 до 0,32 мг/м³ происходит усыхание сосны за 2—3 года в результате нарушения фотосинтеза и дыхания хвои. Аналогичные изменения у лиственных деревьев возникают при концентрациях SO₂ 0,5—1,0 мг/м³.

Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др.). Обладают наркотическим действием, в малых концентрациях вызывают головную боль, головокружение и т. п. Так, при вдыхании в течение 8 ч паров бензина в концентрации ~ 600 мг/м³ возникают головные боли, кашель, неприятные ощущения в горле.

Альдегиды. При длительном воздействии на человека альдегиды вызывают раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, а при повышенных концентрациях (для формальдегида 20—70 мг/м³) отмечается головная боль, слабость, потеря аппетита, бессонница

Соединения свинца. В организм через органы дыхания поступает ~ 50% соединений свинца. Под действием свинца нарушается синтез гемоглобина, возникают заболевания дыхательных путей, мочеполовых органов, нервной системы. Особенно опасны соединения свинца для детей дошкольного возраста. В крупных городах содержание свинца в атмосфере достигает 5—38 мкг/м³, что превышает естественный фон в 10⁴ раз.

Атмосферная пыль. В атмосфере постоянно присутствует пыль различного происхождения и химического состава. При неполном сгорании топлива образуется сажа, представляющая собой высокодисперсный нетоксичный порошок, на 90—95% состоящий из час-

тиц углерода. Сажа обладает большой адсорбционной способностью по отношению к тяжелым углеводородам и в том числе к бенз(а)пирену, что делает сажу весьма опасной для человека. Источником атмосферной пыли является зола, образующаяся при сгорании топлива.

Дисперсный состав пылей и туманов определяет их проникающую способность в организм человека. Особую опасность представляют токсические тонкодисперсные пыли с размером частиц 0,5—10 мкм, которые легко проникают в органы дыхания. Приведем характерные размеры частиц (мкм) некоторых видов твердых и жидких примесей атмосферы:

Масляный туман	0,03—1,0
Промышленный дым	<1,0
Промышленная пыль	0,01—4000
Возгоны	1—5

Влияние среднесуточных концентраций загрязнителей на токсическое состояние атмосферы приведено в табл. 19. Интегральная оценка влияния токсичных примесей атмосферного воздуха на здо-

Таблица 19

Основные вещества, загрязняющие воздушную среду	Класс опасности	Состояние воздушного бассейна при концентрациях выше, мг/м ³		
		вызывает опасение	опасное	чрезвычайно опасное
Пыль неорганическая	IV	0,15	0,75	3,75
Сернистый газ	III	0,05	0,2	0,38
Оксид азота	II	0,085	0,255	0,765
Оксид углерода	IV	3,0	5,0	25,0
Углеводороды	IV	1,5	7,5	37,5
Сажа	III	0,05	0,25	1,25
Фенол	III	0,01	0,04	0,16
Свинец	I	0,0007	0,00126	0,00224
Сероводород	II	0,008	0,024	0,072
Сероуглерод	II	0,005	0,015	0,45
Аммиак	IV	0,2	1,0	5,0
Серная кислота	II	0,1	0,3	0,9
Соляная кислота	II	0,2	0,6	1,8
Формальдегид	II	0,012	0,036	0,108
Ртуть	I	0,0003	0,00054	0,00096
Фтористые соединения	II	0,005	0,015	0,045

ровье людей весьма сложна. В табл. 20 приведены зависимость между снижением уровня загрязнения атмосферного воздуха и уменьшением заболеваемости.

Таблица 20

Заболевание	Уменьшение числа заболеваний на 1000 чел.	
	с опасного уровня до допустимого	с уровня, вызывающего опасения, до допустимого
Грипп и катар верхних дыхательных путей	292	90
Пневмония	12,1	5,6
Бронхиты	13,6	3,2
Туберкулез органов дыхания	3	1,7
Болезни сердца	2,4	0,5
Гипертоническая болезнь	3,2	2,0

Загрязнение гидросферы

К наиболее вредным органическим загрязнителям гидросферы относят нефть и нефтепродукты. Ежегодно в Мировой океан поступает 5—10 млн. т нефти и нефтепродуктов, из которых на долю промышленных предприятий и транспорта приходится ~30—35%. Наличие на поверхности водоемов пленок масла, жиров, смазочных материалов препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает насыщенность воды кислородом. Загрязнения вод нефтью прежде всего оказывают отрицательное влияние на состояние фитопланктона и являются причиной массовой гибели птиц.

Основные неорганические (минеральные) загрязнители пресных и морских вод — соединения свинца, мышьяка, ртути, хрома, меди и др. В табл. 21 приведены данные по антропогенному загрязнению Мирового океана некоторыми из этих веществ.

Таблица 21

Вещество	Загрязнение, т/год	
	сток с суши	атмосферный перенос
Свинец	$(1-20) \cdot 10^5$	$(2-20) \cdot 10^5$
Ртуть	$(5-8) \cdot 10^3$	$(2-3) \cdot 10^3$
Кадмий	$(1-20) \cdot 10^3$	$(5-40) \cdot 10^2$

Отходы, содержащие минеральные загрязнения, в основном, локализуются около берегов, лишь некоторая их часть выносится далеко за пределы территориальных вод. Особенно опасно загрязнение вод ртутью, поскольку заражение морских организмов может стать причиной отравления людей (болезнь минамата).

Загрязнение литосферы

Значительно обострилась проблема ликвидации твердых промышленных и бытовых отходов, которые существенно влияют на изменение химического состава почвы, вызывая ухудшение ее качества. Сильное загрязнение почвы тяжелыми металлами в совокупности с очагами серпистых загрязнений, образующихся при сжигании каменного угля, приводит к возникновению техногенных пустынь. В почвах подзолистого типа с высоким содержанием железа при взаимодействии с серой образуется сернистое железо, являющееся сильным ядом. В результате в почве уничтожается микрофлора (водоросли, бактерии), что приводит к потере плодородия. Наиболее чувствительны к этим загрязнениям хвойные породы, более устойчивы ива и осина.

Почва становится мертвой при содержании в ней 2—3 г свинца на 1 кг грунта (вокруг некоторых предприятий содержание свинца в почве достигает 10—15 г/кг).

В тех случаях, когда промышленные и бытовые отходы вывозятся на свалки, создаются реальные угрозы значительных загрязнений атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, это ведет к загрязнению и нерациональному использованию земельных угодий, неизбежно растут транспортные расходы и безвозвратно теряются ценные материалы и вещества.

Грунтовые воды в результате взаимодействия влаги и загрязнений почвы закисляются до pH среды 2,5—3,5 (при pH 7 среда нейтральна). Донные осадки близлежащих водоемов загрязняются тяжелыми металлами на глубину 3—5 м.

Другие загрязнения окружающей среды

Ежегодно в окружающую среду нашей планеты поступает до $2 \cdot 10^{20}$ Дж теплоты, что сопровождается выбросом в атмосферу $18 \cdot 10^9$ т CO_2 . Основными источниками тепловых выбросов являются процессы сжигания органического топлива и объекты ядерной энергетики (АЭС). Тепловые выбросы приводят к росту среднегодовой температуры атмосферы на Земле, снижению снежно-ледяного покрова и, как следствие, к уменьшению отражательной способности (альбедо) планеты. Все это стимулирует дальнейшее повышение средней температуры земной поверхности. По данным Национальной академии наук США, к середине XXI в. температура атмосферы Земли возрастет примерно на $5,5^\circ\text{C}$. Поэтому за счет таяния ледников и полярных льдов в ближайшие 25 лет ожидается повышение уровня Мирового океана на 10 см.

Анализ выбросов теплоты в атмосферу от совокупности промыш-

ленных объектов на региональном уровне показывает, что характерно наличие регионов с тепловыделением от 10 до 200 Вт/м² площадью до 10⁴ км². Результатом такого теплового воздействия в регионах является образование устойчивого пространственного «острова теплоты» с температурой, на 1—4°C превышающей равновесную естественную температуру воздуха. Влияние таких островов теплоты приводит к образованию в зонах их действия туманов, облачности, увеличению атмосферных осадков, в том числе и кислотных дождей.

Образование кислотных дождей связано с поступлением во влажную атмосферу оксидов серы и азота. Особую опасность представляют стационарные источники (ТЭС и др.). Кислотные дожди снижают плодородие почв, ухудшают здоровье населения, отрицательно воздействуют на фауну и флору, разрушают металлоконструкции и т. д.

Выброс теплоты в водоемы неизбежно сопровождается повышением температуры континентальных и прибрежных вод, что приводит к серьезным изменениям биоценозов. Тепловое загрязнение гидросферы стало значительным в связи с развитием атомной энергетики. При равной мощности у АЭС выбросы теплоты в окружающую среду приблизительно в 2 раза выше выбросов теплоты ТЭС. Повышение температуры воды приводит к уменьшению содержания растворенных в ней кислорода, углекислоты и азота, что сказывается на росте фауны (воспроизводство рыб, насекомых, растений).

Среди разнообразия химических веществ и физических факторов, поступающих в окружающую среду, наиболее опасными являются *канцерогены* — вещества или факторы, способные вызывать в живых организмах развитие злокачественных образований. Из организма канцерогены не выводятся.

К химическим канцерогенным веществам относят полициклические ароматические углеводороды (бенз(а)пирен и др.); эпокси-ды; гепатоксические яды (четырёххлористый углерод, хлороформ и др.); соединения металлов (оксид бериллия, оксид хрома, уксуснокислый свинец, сульфид никеля и др.). Самым сильным канцерогеном является бенз(а)пирен, содержащийся в отработавших газах ДВС, в продуктах сгорания угля, нефтепродуктах, сланцах. Высокие концентрации бенз(а)пирена наблюдаются вблизи транспортных магистралей, ТЭС, металлургических заводов и цехов и т. п.

К физическим канцерогенным факторам относят рентгеновские лучи, радиоактивные изотопы и другие виды радиоактивного загрязнения среды, а также ультрафиолетовые лучи в больших дозах. Высокие уровни физических канцерогенных факторов могут, как правило, проявляться в зонах, примыкающих к аварийным объектам ядерной энергетики. Ниже приведены последствия воздействия ионизирующего облучения на человека в зависимости от эквивалентной дозы:

Летальный исход через несколько дней	10
В 90% случаев летальный исход в ближайшие недели	7
Первичная лучевая болезнь, в 10% случаев с летальным исходом в последующие месяцы	2
Летальных исходов нет, но значительно увеличивается число раковых заболеваний; полная стерилизация у женщин, на 2—3 года у мужчин	1

Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, которые, как правило, проявляются спустя много лет после облучения (рис. 6). Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, проявляются через несколько часов или дней.

Одним из источников ультрафиолетового облучения являются космические лучи, проникающая способность которых к поверхности Земли во многом определяется состоянием озонового слоя атмосферы, расположенного на высоте от 8—10 км на полюсах и от 16—18 км на экваторе до 50—55 км от поверхности Земли. В последние десятилетия озоновый слой непрерывно подвергается физическому и химическому воздействию. В частности, совершают полеты в пределах озонового

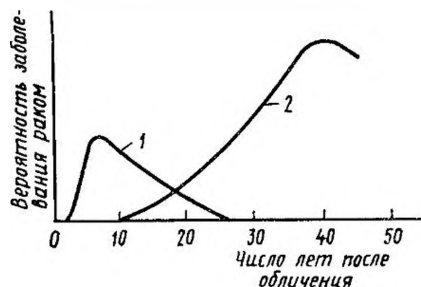


Рис. 6. Относительная вероятность заболевания раком (1 — лейкозы; 2 — другие виды раковых заболеваний) после получения однократной дозы в 0,01 Зв при равномерном облучении всего тела

слоя сверхзвуковые самолеты и космические аппараты, непрерывно нарастают поступления в озоновый слой оксидов азота, фреонов и других соединений. Разрушение озонового слоя происходит

главным образом под действием оксидов азота ($\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$) и фреонов, широко применяемых в технике и в быту.

Считают, что уже в 1973 г. фреонами был разрушен $\sim 1\%$ озонового слоя, к 2000 г. будет разрушено $\sim 3\%$, а к 2050 г. $\sim 10\%$. Разрушение озонового слоя особенно значительно над полюсами Земли и в зонах полета космических аппаратов и сверхзвуковой авиации. Модельные исследования показывают, что 60 запусков кораблей «Шаттл» в течение года могут снизить концентрацию озона в северном полушарии на $0,2\%$, что на $0,4\%$ превысит уровень УФ (290—320 нм) радиации на поверхности Земли. Общие оценки воздействия технологии и транспорта на озоновый слой свидетельствуют пока об ограниченном его разрушении, однако тенденции

дальнейшего развития этого процесса не всегда предсказуемы (например, образование озонных «дыр» над Антарктидой).

Особенно опасны для озонового слоя ядерные взрывы в атмосфере, так как при этом в него поступают такие вещества, как Cl , NO , NO_2 . Ядерная война может истощить озоновый слой на 20% и более. Сокращение концентрации O_3 в озоновом слое приведет к массовым раковым заболеваниям кожи у людей, замедлению фотосинтеза и гибели некоторых видов растений.

§ 8. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Защита окружающей среды — это комплексная проблема, требующая усилий ученых многих специальностей. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений. Важными направлениями экологизации промышленного производства следует считать: совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду; экологическую экспертизу всех видов производств и промышленной продукции; замену токсичных отходов на нетоксичные; замену не утилизируемых отходов на утилизируемые; широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды.

В качестве дополнительных средств защиты применяют: аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей; глушители шума при сбросе газов в атмосферу; виброизоляторы технологического оборудования; экраны для защиты от ЭМП и др. Эти средства защиты постоянно совершенствуются и широко внедряются в технологические и эксплуатационные циклы во всех отраслях народного хозяйства.

Дополнительные средства защиты окружающей среды применяют на транспорте и передвижных энергоустановках. Это — глушители, сажесуловители, нейтрализаторы отработавших газов ДВС, глушители шума компрессорных установок и ГТДУ, виброизоляторы рельсового транспорта и т. д.

Важная роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнений: вынесение промышленных предприятий из крупных городов в малонаселенные районы с непригодными и малоприспособленными для сельскохозяйственного использования землями; оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров; установление санитарно-защитных зон вокруг промышлен-

ных предприятий; рациональная планировка городской застройки, обеспечивающая оптимальные экологические условия для человека и растений; организация движения транспорта с целью уменьшения выброса токсичных веществ в зонах жилой застройки.

В охране окружающей среды необходимы службы контроля качества окружающей среды, которые должны вести систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почвы для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды. Полученная информация о загрязнениях позволяет быстро выявлять причины повышения концентраций вредных веществ и активно их устранять.

На реализацию комплекса мер по охране окружающей среды во всех развитых странах мира выделяются ассигнования, достигающие 2—4% национального дохода. В СССР расходы на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в XI пятилетке составили 43 млрд. руб

Ориентировочно, на примере США, относительные затраты составляют, %: охрана атмосферы — 35,2, охрана водоемов — 48,0, ликвидация твердых отходов — 15,0, снижение шума — 0,7, прочее — 1,1.

Контрольные вопросы

1. Приведите соотношения масс естественных и антропогенных примесей, поступающих в атмосферу. Почему большую опасность для среды обитания представляют антропогенные загрязнения?

2. Назовите технологические процессы и виды продукции машиностроительного производства, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду. Каковы основные пути этого воздействия?

3. Каковы особенности негативного влияния на окружающую среду транспорта (автомобильного, воздушного, космического)?

4. Назовите основные причины, вызывающие разрушение озонового слоя Земли, выпадение кислотных дождей, потепление климата, парниковый эффект, образование смога.

5. Какова роль малоотходных и безотходных технологий, замкнутых систем водоснабжения, дополнительных средств, мероприятий по рациональному размещению источников загрязнений в охране окружающей среды?