Е.П.ЯНИН

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

(эколого-геохимические аспекты)

Москва - 1998

УДК 550.4:577.4:334.716+621.31
ББК 26.23
Я62

Рецензенты:
Международная общественная организация "Инженерно-экологический ртутный центр";
зав. отделом Саранского городского центра Госсанэпиднадзора Т.И.Бурлакова;
кандидат геол.-мин. наук А.А.Волох

Я62 **Янин Е.П.**
Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты).
- М.: Диалог-МГУ, 1998.- 281 с.

ISBN 5-89209-244-5

В работе рассматриваются эколого-геохимические аспекты воздействия на окружающую среду предприятий электротехнической промышленности. Дается оценка электротехнического производства как источника загрязнения среды обитания химическими элементами, органическими и неорганическими соединениями. Приводится характеристика особенностей техногенного загрязнения в окрестностях различных электротехнических заводов. Анализируется влияние электротехнических предприятий на городскую среду. Особое внимание уделяется оценке последствий воздействия данного типа производства на человека, проблемам утилизации отходов производства и потребления и эффективному использованию энергии.

Табл. 197; рис. 15; список лит. - 322 назв.

УДК 550.4:577.4:334.716+621.31
ББК 26.23

Работа выполнена при финансовой поддержке от Программы Мира и Международного сотрудничества Фонда Джона Д. и Кэтрин Т. Макартуров

ISBN 5-89209-244-5

© Янин Е.П., 1998

Введение

В настоящее время одними из важнейших проблем, стоящими перед человечеством, являются проблемы энергетические (необходимость рационального и эффективного использования энергии) и экологические (во многом обусловленные загрязнением окружающей среды). Оба комплекса проблем взаимосвязаны, по своей значимости глобальны, а их решение является необходимым условием перехода человечества к обществу материально эффективному, социально справедливому и экологически устойчивому. Особенно они актуальны для городских агломераций, где проживает значительная часть населения, сосредоточено большинство промышленных предприятий и в наибольшей степени проявлены три основных процесса техногенеза - использование существенных количеств энергии, концентрирование значительных масс химических элементов, их рассеивание в окружающей среде, что сопровождается ее химическим, физическим и биологическим загрязнением.

Качество среды обитания и условия проживания людей в городах во многом определяются характером и особенностями функционирования размещенных здесь промышленных предприятий. Существующие разработки все еще не дают ключа к пониманию того, как в современных условиях эффективнее всего бороться с загрязнением окружающей среды. Декларируемые в последнее время концепции устойчивого развития, экобезопасности и улучшения среды обитания определены в значительной степени искусственно, без должного обоснования, поскольку в большинстве случаев базируются на интуитивном подходе, а зачастую просто на эмоциях. Это во многом связано с отсутствием надежных фактов, адекватно отражающих влияние промышленного производства на окружающую среду. Именно поэтому важнейшими задачами изучения техногенного преобразования окружающей среды являются установление источников вредных воздействия, специфики их влияния на население и биосферу в целом, выявление масштабов, качественного состава и пространственной структуры зон загрязнения.

Освоение и использование энергетических ресурсов, производство и потребление энергии предполагает широкий спектр мероприятий и представляет собой сложнейшую цепь - от разработки месторождений энергоресурсов до непосредственного использования энергии потребителями. Каждое звено этой цепи, с одной стороны, имеет свою собственную экологическую значимость, в конкретном случае проявляющейся по особому, с другой стороны, каждое звено отличается и имеет свои возможности для рационального использования и экономии энергии и снижения

нежелательных воздействий на окружающую среду. Одной из наиболее доступных форм энергии является электроэнергия, производство и потребление которой увеличивается особенно быстрыми темпами и практически всегда связано с загрязнением окружающей среды и негативным воздействием на человека. Электротехническая промышленность является важнейшим звеном в производстве, передаче, преобразовании, распределении и потреблении электроэнергии, поскольку эффективное и экологически безопасное использование электроэнергии во многом зависит от надежной работы электротехнических изделий, установок, приборов.

Анализ литературных данных показывает, что несмотря на значительное количество работ, посвященных различным аспектам техногенного загрязнения, комплексные исследования экологических последствий производства и использования электротехнических изделий практически отсутствуют, причем такое положение типично не только для России, но и для других стран. В существующих программах развития энергетики и рационального использования энергии роль и значимость электротехнической промышленности, за редким исключением, не учитываются.

По существующим прогнозам, дальнейший рост населения и промышленного производства может привести к увеличению спроса на энергию к 2020 г. на 75%. На сегодня, видимо, имеется две возможности, альтернативные применению ископаемого топлива. Особенно перспективно, но требует большего времени и значительных усилий, использование “экологически чистых” возобновимых источников энергии (прежде всего, энергии Солнца). Однако в самом ближайшем будущем наиболее реальным представляется повышение эффективности использования энергии, т. е. производство и потребление тех же самых энергетических услуг, но с гораздо меньшими затратами и с отсутствием выраженных негативных последствий для человека и среды его обитания. Это потребует разработки более совершенных технологий использования традиционных видов энергоресурсов, основанных на малоотходных энергетических системах. Безусловно, технический прогресс и “экологизация” электротехнического производства во многом определяют успех дальнейших усилий в решении энергетических (повышение энергоэффективности и сокращение бесполезных расходов и потерь энергии), экологических (снижение теплового и химического загрязнения, рециклинг отходов и внедрение малоотходных технологий), социальных (новые рабочие места, рост материального благосостояния в развивающихся и слаборазвитых странах) и политических (ликвидация межрегиональных конфликтов, возникающих на основе распределения и перераспределения энергоресурсов) проблем современного мирового сообщества.

Электротехническая промышленность входит в промышленную группу “машиностроение и металлообработка”. Традиционно электротехническую промышленность определяют как отрасль промышленности, производящую продукцию для производства, передачи, преобразования, распределения и потребления электроэнергии, разнообразную аппаратуру и технологическое оборудование, электроизмерительные приборы и средства электросвязи, регулирующую, контролирующую и управляющую аппаратуру для систем автоматического управления, электробытовые приборы и др. [223]. В структуре электротехнической промышленности рационально выделить следующие группы производств : 1) аккумуляторное (аккумуляторы, аккумуляторные батареи, бытовые химические источники тока); 2) кабельное (кабельно-проводниковая продукция); 3) светотехническое (оптические источники света, оборудование для их использования, светотехнические изделия и т. п.); 4) электротехническое машиностроение (трансформаторы и трансформаторные подстанции, генераторы и гидрогенераторы, электромашины и электродвигатели, напольный транспорт, электровозы, передвижные и стационарные электростанции, бытовые электроприборы); 5) производство электрооборудования и аппаратуры (высоковольтная и низковольтная аппаратура, конденсаторное, автотракторное, электросварочное, электротермическое оборудования, средства автоматизации, специальные устройства); 6) производство полупроводниковых изделий (силовые полупроводниковые приборы, тиристоры, преобразователи, регуляторы и т. п.); 7) производство электротехнических материалов (электроугольные изделия, электроизоляционные материалы, электротехнический фарфор, стекло, электроустановочные изделия и др.). Согласно выходящим в России деловым справочникам типа “Бизнес-карта”, в стране имеется более 1500 предприятий электротехнического профиля [19].

Для электротехнического комплекса поставляют свою продукцию предприятия других отраслей машиностроения и металлообработки, черной и цветной металлургии, приборостроения, химической и электронной промышленности. Электротехническая промышленность относится к тем видам производственной деятельности, где особенно эффективно развитие малого предпринимательства, семейного бизнеса и т. п. Особо следует отметить тот факт, что электротехнические предприятия успешно функционируют в системе Всероссийского общества слепых (ВОС), Всероссийского общества глухих, Министерства внутренних дел (сейчас, видимо, переданных в ведение Министерства юстиции РФ). Например, в различных городах и поселках нашей страны расположено около 80 заводов (> 30 тыс. рабочих), на которых производят электротехнические из-

делия, светильники, источники вторичного питания, низковольтную аппаратуру, люминесцентные лампы, светотехническое оборудование и др.

Геохимические особенности и экологические последствия воздействия различных типов электротехнических производств на окружающую среду изучены с разной степенью детальности. Тем не менее обобщение имеющихся данных показывает, что деятельность практически всех предприятий сопровождается загрязнением среды обитания, образованием опасных отходов и необходимостью утилизации вышедших из строя изделий. Как будет показано ниже, влияние электротехнических заводов на состояние окружающей среды может быть очень существенным не только в локальном, но и в региональном масштабах. Уже сейчас на долю электротехнической промышленности приходится почти 9% всех российских выбросов в атмосферу Pb, ~ 6,5% Hg, 3,3% - бенз-а-пирена, ~ 0,5% V и ~ 0,5% Cr. В структуре машиностроительного комплекса ее доля в выбросах указанных поллютантов еще более высокая: Hg - 100%, Pb - 96,1%, бенз-а-пирен - 8,1% (2-е место), оксид V - 11,4% (4-е место), Cr - 4,4% ((5-е место). По степени улавливания вредных веществ и их утилизации электротехническая промышленность занимает одно из последних мест среди российских производств, а по количеству образующихся опасных отходов она находится на одном из первых мест в мире. Все электротехнические предприятия характеризуются наличием вредных для человека производственных факторов, процессов, веществ.

Во многом это связано с тем, что данное производство характеризуется многообразием потребляемого сырья и применяемых технологических операций. Возможно даже, что по разнообразию используемых химических элементов, соединений и веществ ни одна отрасль промышленности не может сравниться с электротехнической. Электротехника - важнейшая сфера применения цветных, редких и благородных металлов; велико использование неорганических и органических кислот, органических растворителей, пластмасс и родственных им материалов. Например, электротехническая промышленность использует (от мирового производства) более 50% Hg, до 50% Cd, около 70% Pb, более 50% Cu, 10% Al, до 15% Ag (вместе с электроникой), около13% Pt (совместно с электроникой), 47% Pd (совместно с электроникой), около 30% Se (вместе с электроникой), 6% редкоземельных элементов, более 30% Sn (производство припоев для электротехнической и электронной промышленности), значительную часть мирового производства Ta. Широкое применение в электротехнике находят металлы платиновой группы и их сплавы с Au, Ag, Co и др., W, Mo, Ni и его сплавы, Ge, бериллиевая бронза, сплавы меди и других металлов (бронзы, латуни, медно-никелевые сплавы и др.,

благородные газы, Zr и его соединения, Sr, Hf, In, K, Ca, Rb, Tl, Sb, Zn, технически чистое железо, соединения бора, As, арсениды Ga и In (важнейшие полупроводниковые материалы), стекловолокниты, порошковые композиционные материалы, природные и искусственные силикаты (асбест, слюды и др.), графит, лакокрасочные материалы и многие другие вещества и материалы. Можно утверждать, что в той или иной форме в электротехнической промышленности используются практически все элементы периодической системы.

В большинстве случаев причиной техногенного загрязнения является разнообразная человеческая деятельность, которая обусловливает поступление в среду обитания химических элементов и соединений. Дальнейшее распространение последних осуществляется природными факторами миграции. Это приводит к формированию в окружающей среде техногенных геохимических аномалий (зон загрязнения), характеристики которых - состав, степень концентрирования, формы нахождения и миграции поллютантов, особенности их трансформации и перераспределения, интенсивность биопоглощения - определяют ее качество, а в конечном счете условия существования человека и функционирования биосферы в целом. В предлагаемой работе подходы к оценки экологических последствий производства и использования электротехнических изделий основываются на концепции экологической геохимии и использовании разработанных для целей изучения загрязнения окружающей среды комплекса эколого-геохимических методов.

Настоящая работа подготовлена при финансовой поддержке от Программы Мира и Международного сотрудничества Фонда Джона Д. и Кэтрин Т. Макартуров, и автор выражает глубокую благодарность этой организации. Особая признательность моим коллегам - А.А.Головину, А.А.Волоху, В.С.Дроботун, И.А.Кубанцеву - за поддержку и практическую помощь. Я также весьма обязан С.А.Кижапкину и Т.И.Бурлаковой за любезное содействие в организации исследований в городе Саранске.

1. Принципы и методические основы эколого-геохимических исследований

В свое время В.И.Вернадский показал, что "живое вещество в биосфере играет основную роль и по своей мощности ни с чем, ни с какой геологической силой не может быть сравниваемо по своей интенсивности и непрерывности во времени. В сущности оно определяет все основные химические закономерности в биосфере" [28, с. 220]. Это позволило ему обосновать положение о биогеохимических функциях живого вещества, которые распространяются на всю планету, не зависят от территориальных условий и химически отражаются на окружающей организм внешней среде. В качестве новой геологической силы В.И.Вернадский выделил биогеохимическую функцию человечества, а в качестве нового для биосферы вида геохимической миграции - биогенную миграцию атомов 3-го рода, идущую под влиянием человека ("его жизни, воли, разума") и сейчас доминирующей на нашей планете. Впервые было показано, что преобразование природы деятельностью человека, названное впоследствие А.Е.Ферсманом техногенезом, является в основе своей геохимическим процессом, имеет глобальный характер и есть закономерное явление в геологической истории Земли.

Новая отрасль знания, призванная изучать влияние живого вещества на геохимические процессы, была названа В.И.Вернадским биогеохимией, которая "может изучаться в трех аспектах: во-первых, с биологической стороны - ее значение для познания явлений жизни; во-вторых, с геологической стороны - ее значение для познания среды жизни, т.е. прежде всего биосферы, и в-третьих, в связи с ее прикладным значением, которое может быть сведено к биогеохимической роли человечества" [27, с. 12]. Таким образом, В.И.Вернадский, по мнению автора этих строк, обозначил три основных направления геохимического изучения природы, которые сейчас оформились в самостоятельные научные дисциплины, связанные между собой: геохимическую экологию [84], включая учение о биогеохимических провинциях [29] и учение о микроэлементозах [3], геохимию окружающей среды [18;203] и экологическую геохимию.

Экологическая геохимия (экогеохимия) является научной дисциплиной изучающей поведение (поступление, рассеяние, миграцию, концентрирование, трансформацию, биопоглощение) химических элементов в окружающей среде (биосфере) в связи с деятельностью (в самом широком смысле) человека [237]. Основной объект изучения экогеохимии - химические элементы, специфика поведения которых обусловлена деятельностью человека, и/или миграция которых осуществляется в среде, преобразованной его деятельностью, и которые, в свою очередь, оказы-

вают влияние на человека. Предметом экологической геохимии являются геохимические процессы и взаимодействия в окружающей среде, обусловленные сложным сочетанием природных и техногенных факторов, а также последствия таких процессов и взаимодействий. Ее важнейшие задачи - установление закономерностей формирования, строения и динамики развития геохимических аномалий, т. е. участков аномальных содержаний химических элементов и их соединений, формирующихся в окружающей среде в результате взаимодействия различных факторов, процессов, явлений, и оценка их экологической значимости. Если следовать В.И.Вернадскому, то экологическая геохимия изучает геохимическую роль человечества, геохимические последствия деятельности человечества, ее влияние на организованность биосферы. Коротко можно сказать, что экогеохимия изучает биогенную миграцию атомов 3-го рода, "идущей под влиянием человеческой жизни, воли, разума".

Научной основой для изучения данного феномена являются установленные геохимией закономерности распространения и миграции химических элементов в оболочках (геосферах) Земли. В результате непрерывно идущих процессов миграции происходит формирование единого геохимического поля земной коры, что в конечном счете определяет состояние среды обитания человека - биосферы. Характерной особенностью строения биосферы является ее геохимическая неоднородность. В настоящее время скорость и направленность многих процессов геохимической миграции нарушены или изменены в результате человеческой деятельности, что проявляется в изменении химического состава биосферы и обусловливает еще большую ее геохимическую дифференциацию. В геохимии, в широком смысле имеющей экологическую основу, заложены возможности получения достоверных научных знаний об этих процессах и явлениях, а следовательно, для практического применения ее законов и достижений. Экологическая геохимия является составной и неотъемлемой частью общей геохимии. Хорошо известно, что развитию любой научной дисциплины, как и науки в целом, свойственны кумулятивный характер и преемственность. Именно поэтому методология и методические приемы экогеохимии базируются на понятиях, принципах и методах общей геохимии, прикладной геохимии, геохимии ландшафтов, экологии.

Важнейшими положениями, имеющими первостепенное значение для понимания геохимической структуры и функционирования биосферы и ее составных частей, являются следующие эмпирические обобщения:

1) повсеместное распространение химических элементов во всех геосферах, где они находятся в устойчивом динамическом равновесии, различных для каждой среды (закон Кларка-Вернадского);

2) поведение элементов в геосферах определяется в основном строением их атомов, отраженным периодической системой Менделеева: распространение в большей степени связано со строением и устойчивостью ядер атомов; миграция определяется главным образом строением внешних электронных оболочек (закон Гольдшмидта-Вернадского);

3) непрерывная миграция элементов (атомов и соединений) во времени и пространстве, осуществляемая в биосфере или при непосредственном участии живого вещества, или в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом (закон Вернадского);

4) цикличность геохимических процессов, в значительной мере осуществляемая при участии живого вещества (непрерывный круговой процесс химических элементов В.И. Вернадского);

5) первостепенное значение для геохимических процессов воды; биосфера является областью, где вода господствует и по массе и по своему геологическому значению; для воды и живого вещества характерны тесная связь и взаимное влияние;

6) многообразие видов и форм существования элементов в природе, меняющихся в ходе их миграции; преобладание рассеянного состояния элементов над концентрированным, особенно характерное для химических элементов с малым кларком и высокой технофильностью;

7) неразрывность живого вещества и окружающей среды (принцип неразрывности Вернадского);

8) в основе всех геологических процессов лежит закон дифференциации вещества Земли, определяющий зональность распределения химических элементов во всех измерениях и на всех уровнях организации вещества;

9) закономерное различие (неоднородность, мозаичность, гетерогенность) химического состава биосферы в различных местах земной поверхности;

10) зависимость поведения химических элементов от миграционной и геохимической структуры ландшафтов, в свою очередь подчиненной географической закономерности (закону зональности).

Общепринятой дефиниции термина (понятия) "окружающая среда" в настоящее время не существует; не ясно также его соотношение с понятием "биосфера". Обычно словосочетание "окружающая среда" (в определенной степени бессмысленное с точки зрения семантики русского языка, но прочно вошедшее в язык) применяют не как общенаучное, а как утилитарное понятие для определения экологических условий жизни человека и живых организмов. Иногда оба понятия - биосфера и окружающая среда - отождествляют. С практических позиций точное определение

этих терминов не имеет принципиального значения; их можно считать синонимами. В методологическом отношении эти понятия, видимо, следует различать. Согласно В.И.Вернадскому [26], биосфера - это область существования живого вещества, пределы которой ограничены так называемым полем существования жизни, где условия позволяют организму давать потомство и увеличивать живую массу. В.И.Вернадский писал и о поле устойчивости жизни, в условиях которого организм имеет возможность только выжить. Таким образом, понятие “окружающая среда” более широкое, нежели “биосфера”, и включает в себя поле существования жизни и поле устойчивости жизни. Во многих случаях более оправданным и удобным представляется использование словосочетания “среда обитания”, поскольку позволяет говорить о природной, жилой, производственной, городской и т. п. среде обитания.

Как отмечено выше, геохимическая миграция, т. е. неразрывный комплекс природных и техногенных процессов, приводящих к перераспределению химических элементов в природных телах, обусловливает формирование геохимического поля. На планомерном изучении этого поля и его локальных (природных и техногенных) аномалий (зон загрязнения в утилитарном понимании) и основаны эколого-геохимические исследования, методические принципы которых во многом базируются на достоверно установленных корреляционных связях распределения химических элементов в миграционной цепи: источники эмиссий (природные и техногенные объекты, процессы, явления) - транспортирующие миграционные и главные жизнеобеспечивающие среды (воздух и вода) - временно депонирующие химические элементы (поллютанты) природные среды (почвы, донные отложения, снеговой покров) - живые организмы. В ходе распространения химических веществ, поступающих от техногенных источников, в окружающей среде образуются ореолы и потоки рассеяния, сходные с ореолами и потоками рассеяния рудных месторождений. Последние являются своеобразными моделями зон техногенного загрязнения, тогда как месторождение (рудное тело и первичные ореолы) выступает в роли "источника загрязнения". Это позволило использовать для выявления зон загрязнения и экологической оценки состояния окружающей среды методы и приемы прикладной геохимии, применяемые при поисках месторождений и геолого-съемочных работах[152;164-167;170]. Указанный подход получил дальнейшее развитие в ряде прикладных и методических разработок и обобщений [23;25;69;168;228;229].

В общем случае логика эколого-геохимических исследований такова [168]: 1) выявление источников и путей поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, изучение ассоциаций, уровней содержания

и форм нахождения поллютантов в твердых отходах, выбросах, сточных водах, средствах химизации; 2) прослеживание путей и способов миграции химических элементов в среде обитания, установление природных компонентов, взаимодействующих с миграционным потоком, изучение интенсивности и результатов этого взаимодействия, т.е. геохимических аномалий (являющихся по сути зонами загрязнения); 3) оценка масштабов и площади распространения геохимических аномалий, выявление их морфоструктурных особенностей, центров наиболее интенсивного распространения и воздействия, характеризующихся максимальным влиянием на живые организмы; 4) экологическая и гигиеническая оценка выявленных геохимических аномалий, прослеживание накопления поллютантов в трофических цепях, изучение последствий этого накопления.

Важнейшими приемами экогеохимических исследований являются геохимическое картирование и геохимический мониторинг. Геохимическое картирование осуществляется путем площадных геохимических съемок, основанных на опробовании по регулярной сети различных материальных объектов природной среды. Особенно эффективно картирование так называемых депонирующих сред - почв, снегового покрова, донных отложений. Геохимический мониторинг базируется на повторных, режимных и непрерывных наблюдениях распределения химических элементов, главным образом, в динамичных природных средах (атмосферный воздух, природные воды). В практике экогеохимических исследований широко используются маршрутные съемки (геохимическое профилирование), а также специализированные исследования с применением методов биогеохимии, геохимии ландшафтов, экологии, гигиены и эпидемиологии. Неотъемлемой частью экогеохимических работ являются химико-аналитические исследования.

Изменение химических свойств окружающей среды, проявляющееся главным образом в увеличении содержаний химических элементов, но не связанное с естественными природными процессами, в настоящее время в обиходе называется ее "загрязнением". При использовании этого термина в него вкладывается определенный санитарно-гигиенический (медико-биологический) смысл: под загрязнением подразумевают количественное изменение в окружающей среде тех или иных свойств или появление новых свойств, уровень или интенсивность проявления которых может оказать неблагоприятное влияния на условия жизни и здоровье человека. При таком понимании "загрязнение" - явление количественное. В этой связи уместно вспомнить о важнейшей концепции, принятой и развиваемой в геохимической экологии, о концепции пороговых, или критических, концентраций химических элементов [84]. Это дает ос-

нование согласиться с мнением В.Б.Ильина [71] о том, что правильнее говорить не о токсичных элементах вообще, а о токсичных концентрациях поллютантов. "Загрязнение" может возникнуть не только техногенным способом, но и в связи с естественными причинами. Так, районы рудных месторождений и связанных с ними первичных и вторичных ореолов и потоков рассеяния могут рассматриваться как "природные" зоны загрязнения. Тем не менее использование понятия "загрязнение биосферы" (окружающей среды, среды обитания) вполне оправданно и удобно, поскольку оно достаточно адекватно отражает сущность наблюдаемого явления. В то же время, вряд ли правомочно видеть главную задачу экогеохимии только в изучении последствий "загрязнения".

В.С.Преображенский и др. [139], анализируя развитие ландшафтоведения, выделяют два класса задач исследования, которые в полной мере, по мнению автора этих строк, могут реализовываться и в экогеохимии: 1) естественноисторические исследования ландшафтов, т.е. изучение ландшафтных систем как одного из фрагментов объективной реальности, имеющее целью выявление, независимо от сиюминутных практических целей, нового знания о природных и природно-техногенных системах как элементах организации современной биосферы; 2) социофункциональный анализ ландшафтов, который направлен в большей мере на выявление роли ландшафтов (геосистем), его "полезных" и "отрицательных" свойств, в жизни общества (включая роль "загрязнения"). Авторы цитируемой работы отмечают, что данное разделение в определенной мере условно, поскольку в конкретных исследованиях оба класса задач могут тесно переплетаться, но их выделение целесообразно и оправданно.

Изменение химического состава современной биосферы происходит в результате миграции химических веществ (поллютантов), генерируемых различными природными и техногенными источниками. Сочетание химических элементов и соединений характеризует специфические особенности источников загрязнения. Практически во всех случаях техногенное воздействие является комплексным по составу поллютантов источником загрязнения среды обитания. Интенсивность геохимического воздействия определяется массой химических элементов, поступающей на ту или иную территорию (так называемая нагрузка на окружающую среду). Величина нагрузки, образуемой поступлением выбросов, стоков и твердых отходов, зависит как от степени концентрации в них поллютантов, так и от общего объема отходов. При оценках степени опасности загрязнения окружающей среды различными видами отходов и средствами химизации необходимо учитывать возможность их попадания в системы жизнеобеспечения: воздух, питьевую воду, пищу. При этом следует раз-

личать прямые и отдаленные экологические последствия. С этих позиций выбросы в атмосферу являются наиболее опасным источником загрязнения (с прямым экологическим воздействием). Сточные воды в равной степени обладают признаками прямого и отдаленного воздействия. Твердые отходы характеризуются в основном отдаленным воздействием (за исключением тех случаев, когда они используются в качестве агромелиорантов)-[168].

Одной из главных задач эколого-геохимических исследований является выявление геохимических аномалий и оценка их экологической значимости. Геохимические аномалии - это участки территории (акватории), в пределах которых хотя бы в одном из слагающих их природных тел (компонентов) статистические параметры распределения химических элементов или их соединений достоверно отличаются от вариаций геохимического фона или, при определенном допущении, от кларка или подобных ему показателей. Геохимический фон (фоновое содержание) - это среднее содержание химического элемента (соединения) в природных телах по данным изучения его естественного распределения в пределах однородного в ландшафтно-геохимическом отношении участка, не затронутого техногенезом (на практике - это, как правило, участки, расположенные вне зоны прямого техногенного влияния)-[152;168]. Образующиеся в зонах влияния техногенных объектов геохимические аномалии принято называть техногенными геохимическими аномалиями, различные характеристики которых - размеры, морфометрия, пространственное положение, состав, степень концентрирования, вид существования, форма миграции и нахождения химических элементов и соединений, особенности их трансформации и перераспределения, интенсивность биопоглощения, степень экотоксичности - в конечном счете и определяют качество окружающей среды. Техногенные геохимические аномалии могут быть моноэлементными или полиэлементными. Поэтому при экогеохимических исследованиях наряду с изучением отдельных химических элементов проводится анализ распределения геохимических ассоциаций, т.е. групп элементов, характеризующих специфические особенности зон воздействия различных источников и обнаруживаемых в изучаемом объекте (компоненте среды) в количествах, отличных от неких нормативных величин (как правило, от геохимического фона)-[168].

При оценках распределения химических элементов (соединений) в тех или иных объектах среды обычно изучают их абсолютную или относительную распространенность. Для характеристики абсолютной распространенности используют весовые или объемные показатели, которые основаны на весовых или объемных процентах. Для выражения относи-

тельного содержания элементов применяют различные геохимические коэффициенты. В основе большинства подобных показателей лежит так называемый коэффициент распределения, т.е. величина отношения средних абсолютных содержаний элемента в каких-либо сравниваемых между собой взаимосвязанных объектах или частях одного объекта. В последние годы при оценках распространенности химических элементов стали использовать относительные безразмерные единицы (например, американские ppm и ppb), что позволяет сравнивать между собой разные природные среды и представляет определенные удобства при расчетах показателей и коэффициентов. Относительная оценка содержания химических элементов дается путем сравнения их реальных концентраций с нормативными параметрами состояния окружающей среды. В настоящее время такими формализованными параметрами являются гигиенические (ПДК - предельно допустимая концентрация и т. п.) и экологические нормативы, которые разработаны не для всех природных сред и не для всех поллютантов, не всегда адекватны истинной опасности последних и имеют тенденцию в силу различных причин периодически изменяться. Поэтому в практике экогеохимических исследований используют фоновые уровни химических элементов (геохимический фон) или их кларки (как правило, под кларками понимают средние содержания элементов в геосферах, земной коре и т. п.; в последнее время часто используют понятия региональной кларк, т. е. среднее содержание химического элемента в природных объектах в пределах крупных геологических регионов). Опыт свидетельствует, что при использовании кларков наибольшую трудность представляет выделение геохимических аномалий слабой интенсивности. Контрастные и средние по интенсивности аномалии, т.е. наиболее "информативные" и экологически опасные, фиксируются достаточно надежно. Кларковые содержания химических элементов, видимо, приближенно определяют нормальный уровень содержания того или иного элемента, "безопасный" для существования живых организмов [168]. Для оценки интенсивности и опасности кумулирования поллютантов в организме человека используют понятия о физиологическом, допустимом и критическом уровнях содержания [3;84;176].

Основным показателем интенсивности техногенного воздействия и важнейшим параметром геохимической аномалии является коэффициент концентрации химического элемента (Кс), который рассчитывается отношением реального (аномального) содержания поллютанта в природном объекте к его фоновому уровню (глобальному или региональному кларку) в аналогичном (подобном) объекте: Кс = С/Сф, где С - реальное (аномальное), а Сф - фоновое содержание. Кс в определенном смысле может

рассматриваться как своеобразный показатель экогеохимической опасности аномалий. Если нормирование осуществляется на гигиенический (экологический) норматив, то, видимо, можно говорить о коэффициенте гигиенической (экологической) опасности. Обычно в геохимическую ассоциацию включают химические элементы с Кс относительно фона не менее 1,5 (нижний порог аномальности, при котором нормативная ошибка не более 50%). Другие пороги аномальности принимаются условно, по логарифмической шкале [152;168]. Среди входящих в ассоциацию поллютантов выделяют главные, или приоритетные, ингредиенты. Для фиксации зон воздействия источников загрязнения часто достаточно изучение так называемых типоморфных поллютантов, т.е. тех, которые типичны для данного вида воздействия и позволяют судить о состоянии изучаемой системы в целом. Например, приоритетным поллютантом для автотранспортного загрязнения является Pb, типоморфными - Pb и Br. В качестве типоморфных элементов эффективно использование тяжелых металлов, типичных для многих источников загрязнения и надежно фиксирующих интенсивность и масштабы их воздействия.

Для характеристики полиэлементных геохимических аномалий используют различные показатели, в том числе широко известный суммарный показатель загрязнения Zc (показатель Саета)-[152;168]:

$$Zc = \sum_{j=1}^{n} Kc - (n-1),$$

где n - число учитываемых “аномальных” (Кс≥1,5) химических элементов. Этот показатель (как и Кс) может быть определен для отдельной геохимической пробы или для геохимической выборки, характеризующей какой-либо участок территории (акватории). Он может также рассчитываться как для всей группы изучаемых элементов, так и для наиболее токсичных с учетом классов их опасности. В случае нормирования на гигиенические стандарты (ПДК) можно говорить о суммарном коэффициенте гигиенической опасности. На основе анализа эмпирического материала разработаны шкалы оценки загрязнения воздушной и водной сред, основанные на распределении химических элементов в депонирующих средах - почвах, снеговом покрове и донных отложениях (табл. 1-3).

В последнее время суммарный показатель загрязнения Zc стал широко использоваться для сравнительной оценки степени концентрирования поллютантов в отходах, природных водах, атмосферном воздухе, растительности и т. п., что представляется вполне оправданным и удобным. В прикладной геохимии и геохимии ландшафтов разработана и успешно применяется в экогеохимических исследованиях система различных геохимических показателей [1;152; 168].

Таблица 1. Ориентировочная шкала оценки загрязнения водных систем [168]

Уровень загрязнения	Zc в донных отложениях	Содержания токсичных элементов в воде
Слабый	Менее 10	Слабо повышенные относительно фона
Средний	10-30	Повышенные относительно фона; эпизодическое превышение ПДК
Сильный	30-100	Во много раз выше фона; стабильное превышение отдельными элементами ПДК
Очень сильный	Более 100	Практически постоянное присутствие многих элементов в концентрациях > ПДК

Таблица 2. Ориентировочная шкала опасности загрязнения почв населенных пунктов по суммарному показателю загрязнения [102]

Категория загрязнения почв	Величина Zc	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Важным показателем техногенного изменения является пространственно-временная вариация распределения химических элементов. Как известно, коэффициенты вариации большинства элементов в горных породах и почвах в фоновых условиях обычно колеблются от 25 до 60% [142]. В зонах загрязнения даже в пределах небольших участков они достигают 100-300%. Резкая пространственно-временная дифференцированность геохимического поля - важный признак и одновременно основное следствие, можно утверждать, важнейшая закономерность техногенного загрязнения.

В условиях техногенеза, как правило, меняется характер и тип проявления аномальности химических элементов: фиксируется не только изменение (в большинстве случаев возрастание) общего содержания их, но и трансформация баланса важнейших форм миграции и нахождения. Валовые содержания могут даже не изменяться или изменяться незначительно, тогда как абсолютное содержание или доля, например, подвижных форм могут существенно увеличиваться. Это позволяет говорить о новом типе геохимических аномалий, обусловленных изменением и даже появлением специфических форм нахождения элементов.

Таблица 3. Ориентировочная шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения [168]

Уровень загрязнения	Степень опасности	Состояние атмосферного воздуха	Показатели загрязнения снегового покрова
Средний	Умеренно опасный	Превышение ПДК отдельными поллютантами (пыль, оксиды углерода, азота, сернистый ангидрид); содержание тяжелых металлов выше фона	Средний уровень загрязнения почв (Zc=16-32) и снегового покрова (64-128). Повышенная запыленность снегового покрова (среднесуточная нагрузка 250-450 кг/км^2). Содержание Pb в почве > 100 мг/кг.
Высокий	Опасный	Превышение ПДК комплексом поллютантов (пыль, оксиды углерода, азота, сернистый ангидрид); содержание отдельных металлов (особенно Pb) выше ПДК	Высокий уровень загрязнения почв (Zc=32-128) и снегового покрова (128-256). В составе аномалий присутствуют поллютанты 1 класса опасности (особенно Pb, Cd, Hg) в высоких концентрациях (Кс>10). Содержание Pb в почве >250 мг/кг. Уровень выпадения пыли 450-800 кг/км^2/сут.
Очень высокий	Чрезвычайно опасный	Превышение ПДК (иногда многократное) комплексом поллютантов, в том числе рядом тяжелых металлов	Очень высокий уровень загрязнения почв (Zc>128) и снегового покрова (>256). В составе аномалий в почве присутствуют Pb (>400 мг/кг) и Hg (2,1 мг/кг), что является индикатором превышения ПДК этих поллютантов в воздухе. Очень высокая запыленность снегового покрова (>800 кг/км^2/сут.)

Для понимания проблем экологической геохимии и постановки задач экогеохимического изучения процессов преобразования биосферы человеческой деятельностью важнейшее значение имеют следующие положения (эмпирические обобщения), в той или иной мере обозначенные Вернадским и Ферсманом и получившие развитие в трудах их последователей:

1) преобразование природной среды деятельностью человека является геохимическим процессом и имеет глобальный характер;

2) геохимический облик современной биосферы и ее составных частей в значительной степени зависит от биогеохимических функций человечества;

3) изменение химического состава биосферы есть закономерное явление в ее истории, происходящее при участии человека, но независимо от его воли, "стихийно, как природный естественный процесс", темп которого постоянно увеличивается;

4) человек постепенно втягивает все химические элементы и все химические процессы, известные в биосфере, в круг своего влияния и

создает на земной поверхности "неустойчивые формы нахождения химических элементов";

5) техногенное воздействие является полиэлементным источником загрязнения окружающей среды и приводит к формированию аномальных геохимических полей, фиксируемых, прежде всего, для химических элементов с высокой технофильностью, повышенной экотоксичностью, высоким уровнем биопоглощения или обладающих явной биоактивностью;

6) техногенные процессы способны резко менять поведение химических элементов, вплоть до появления химических соединений, а также процессов и явлений, чуждых условиям биосферы;

7) человек не только химически изменяет окружающую среду, но и создает новые типы связанных с ней геологических образований (минералов, отложений, почв, вод и т.п.), новые типы экосистем и живого вещества, уничтожая существующие живые организмы, природные системы и геологические образования,

8) наиболее сильное воздействие испытывают атмосфера и водные системы, причем "...нигде явления человеческой работы не сказываются так ярко и глубоко, как для царства вод пресных";

9) техника (как совокупность средств человеческой деятельности) и технология (как совокупность методов производства) уже не могут рассматриваться только как инструмент преобразования окружающей среды, но сами являются окружающей человека средой, что особенно ярко проявляется в городах и горнопромышленных районах, отражающих наиболее концентрированное воздействие на среду обитания;

10) устойчивое развитие общества возможно лишь при должной оптимизации состояния окружающей среды с учетом происходящих в ней геохимических изменений; "необходимо изменение химической работы человечества".

Масштабы техногенного воздействия на окружающую среду исключительно велики. Техногенные преобразования захватываю огромные территории, проявляются в коренной трансформации свойств биосферы и ее составных частей и представляют собой главный фактор, определяющий экогеохимические особенности этих регионов и условия существования человека. Важнейшей задачей наук об окружающей среде является получение материала, необходимого для обоснования принципов и разработки методов оптимизации взаимодействия человека и окружающей среды. В решении этой задачи особая роль принадлежит экологической геохимии.

2. Аккумуляторная промышленность

Аккумуляторная промышленность является источником загрязнения окружающей среды Pb, Ni, Cd, Sb и другими элементами и соединениями. Данное производство - один из основных потребителей свинца. Аккумуляторные заводы по интенсивности загрязнения воздушной среды производственных помещений этим токсичным металлом и риску возникновения профессионального отравления, согласно данным ВОЗ, находятся на одном из первых мест, уступая лишь выплавке первичного и вторичного Pb, сварке и резке свинецсодержащих металлоконструкций, разборке судов на металлолом. Мировое производство свинцовых стартерных батарей превышает 100 млн. шт. в год. В каждой батарее содержится до 11 кг Pb. В развитых странах на производство кислотных аккумуляторных батарей в 1993 г. было использовано 65% (3192 тыс. т.) общего потребления Pb в мире, в том числе в США - 81%, в Японии - 69, во Франции - 64, в ФРГ - 53, в Италии - 44, в Великобритании - 34% [105]. В России общее потребление Pb в 1991 г. составило 158,1 тыс. т, в 1992 г. - 132,6 тыс. т, в 1993 г. - 102 тыс. т, значительная часть которого применялась в производстве аккумуляторов. В нашей стране функционирует более 30 предприятий, производящих аккумуляторы и аккумуляторные батареи [19]. Крупные заводы расположены в Курске, Подольске, Пскове, Санкт-Петербурге, Саратове, Свирске, Тюмени, Хабаровске. Имеется также значительное количество организаций, осуществляющих продажу (внутренний рынок, импорт, экспорт) аккумуляторов и батарей.

2.1. Характеристика изделий

Электрический аккумулятор представляет собой гальванический элемент многоразового пользования и относится ко вторичным химическим источникам тока. Он состоит из двух электродов, погруженных в раствор электролита, и характеризуется: а) сроком службы либо числом возможных циклов заряд-разряд, б) емкостью - количеством электричества, которое он может отдать при разряде, в) средним напряжением во время заряда и разряда, г) энергией [15]. В зависимости от электролита различают кислотные (кислотно-свинцовые) и щелочные (никель-железные, никель-кадмиевые, серебряно-цинковые, серебряно-кадмиевые и др.) аккумуляторы.

Наиболее распространены свинцовые аккумуляторы, в которых положительный электрод выполнен из диоксида Pb, отрицательный - из губчатого Pb, а электролитом служит водный раствор (32-40%) серной

кислоты. Известны также панцирные электроды, в которых активная масса заключена в перфорированную пластмассовую или тканевую трубку. Свинцовые аккумуляторы используются в стартерах автомобилей, на самолетах, в системах связи, лабораторных установках и т.п. Достоинством их является относительная дешевизна и возможность работать в различных режимах разряда; главный недостаток - невысокий ресурс работы (число допустимых циклов заряд-разряд для стартерных аккумуляторов 100-300, для тяговых с панцирными электродами 800-1500; этому типу аккумуляторов свойственно постоянное накопление Pb на электроде за счет протекания побочных реакция, в результате чего они теряют способность перезаряжаться), низкая плотность энергии и присутствие токсичных Pb и Sb. Кроме того, в конце заряда на электродах свинцового аккумулятора наблюдается выделение газов, которые увлекают за собой туман из капель серной кислоты, что создает проблемы при их эксплуатации.

В никель-железных аккумуляторах активной массой положительного электрода служит гидроксид Ni, активной массой отрицательного электрода - главным образом Fe. Срок их службы (число циклов) до 3000. Они применяются для изготовления тяговых аккумуляторных батарей и используются на самолетах, электротранспортных машинах, в системах связи и т.д. Активной массой положительного электрода никель-кадмиевых аккумуляторов служит также гидроксид Ni, а активной массой отрицательного электрода - главным образом Cd. Срок службы и области применения такие же, как и у предыдущего типа аккумуляторов; применяются они также в приборах бытовой техники. В серебряно-цинковых аккумуляторах используются оксиды Ag (положительный электрод) и Zn (отрицательный электрод); срок службы у них (число циклов) - не более 100. В серебряно-кадмиевых аккумуляторах активной массой отрицательного электрода является Cd (число циклов 50-500). Из-за высокой стоимости Ag эти аккумуляторы используются преимущественно в космической технике, средствах связи, в киноаппаратуре. Никель-цинковые аккумуляторы предназначены в основном для электромобилей, но их широкому использованию мешает недостаточный ресурс работы. Никель-водородные аккумуляторы применяют в космической технике. В последние годы разработано и испытано в лабораторных условиях много новых типов аккумуляторов и аккумуляторных батарей (воздушно-цинковые, воздушно-алюминиевые, воздушно-водородные и др.). Среди перспективных конструкций аккумуляторов с неводными электролитами наибольший интерес представляют серно-натриевые с твердым керамическим электролитом из алюминатов натрия; разрабатываются высокотем-

пературные сульфид-железо-литиевые аккумуляторы и др. Внедрение литиевых аккумуляторов в автомобильную промышленность сдерживается в связи с некоторым снижением интереса к электромобилям. Тем не менее работы по организации промышленного выпуска таких батарей ведутся в Канаде, США, Японии и других странах.

Аккумуляторы применяются для производства различных аккумуляторных батарей, состоящих из последовательно включенных аккумуляторов, имеющих общий корпус, выводы и маркировку; они используются в различных транспортных средствах для запуска двигателей, освещения и др. В частности, тяговые батареи применяются в электрокарах, на железнодорожном транспорте; стационарные большой емкости - для электропитания телефонных сетей, в качестве аварийных источников электроэнергии; малогабаритные батареи - в бытовой аппаратуре [15].

С утилитарных позиций автомобильные (стартерные) аккумуляторы можно разделить на четыре группы: обслуживаемые, малообслуживаемые, необслуживаемые и гелеевые аккумуляторы. Обслуживаемые аккумуляторы, спрос на которые сохраняется из-за низкой цены, представляют собой кислотно-свинцовые аккумуляторы с присутствием Sb в пластинах. В силу конструктивных особенностей они подвержены риску короткого замыкания. В малообслуживаемые аккумуляторы для уменьшения испарения электролита в состав материала пластин Sb вводят очень мало. Известны отечественные аккумуляторы такого типа, но наиболее распространены в России импортные аккумуляторы фирм VARTA, BOSGH, EXID, FIAM, CENTRSA, SUPERPOWER и др. В пластинах необслуживаемых аккумуляторов чаще всего вместо Sb используется Ca, присутствие которого снижает склонность электролита к выпариванию и увеличивает срок службы (до 6-7 лет, по утверждению производителей). Стоимость их в несколько раз выше обыкновенных свинцовых батарей. В гелеевых аккумуляторных батареях применяется специальный каталитический комплекс, в результате взаимодействия с которым пары воды возвращаются в электролит (эти аккумуляторы достаточно дорогие).

2.2. Общая оценка аккумуляторного производства как источника загрязнения среды обитания

Аккумуляторные заводы в производственных процессах используют прокат черных металлов, сталь, цветные металлы, пластики, кислоты, щелочи, растворители, электроды и др. Процесс изготовления аккумуляторов состоит из ряда специфических операций, обусловливающих зна-

чительную эмиссию токсикантов в воздух рабочих помещений, где особенно высоки содержания Pb. Например, на одном из заводов по производству свинцово-кислотных аккумуляторов (Ямайка) его концентрации в воздухе рабочих помещений превышали 50 мкг/м^3 (в 38 образцах из 42), причем в 9 пробах они были выше 500 мкг/м^3 [283]. В экстремальных ситуациях содержания этого металла в воздухе рабочих помещений могут быть чрезвычайно высокими (табл. 4). В России именно для аккумуляторных заводов характерны самые высокие уровни Pb в воздухе рабочих помещений (табл. 5).

Таблица 4. Свинец в воздухе рабочих помещений аккумуляторных заводов, [39]

Операции	мкг/м^3
Смешивание окислов	250-21600
Отливка пластин	50-620
Вмазывание пасты вручную	150-2700
Вмазывание пасты машинное	80-13500
Формование	30-2200
Пакетирование и извлечение из формы	110-4500
Пластмассовые цеха	9-12
ПДК в воздухе рабочей зоны (Россия)	10
Типичный природный фон [168]	0,006-0,012

Таблица 5. Свинец в воздухе рабочей зоны на предприятиях различных отраслей промышленности [59]

Превышение ПДК	Электротехническая	Цветная металлургия	Приборостроение, машиностроение	Полиграфическая
в 6-10 раз	-	-	2	4
в 20-50 раз	8	6	-	-
свыше 50 раз	14	2	-	-
в 100 раз	10	-	-	-

Примечание: ПДК (Россия) Pb в воздухе рабочей зоны - 10 мкг/м^3; в атмосферном воздухе (среднесуточная) - 3 мкг/м^3 [33]; фон для России (нг/м^3): центральная часть ЕТР - 2,5-16, южные районы ЕТР - 0,8-13,2, Сибирь - 1,5-4,4, Д. Восток - 5-19, Арктика - 0,23-3,8 (среднемесячные значения). Прочерк здесь и далее означает, что данные отсутствуют (не изучалось, не определялось и т. п.).

В аккумуляторном производстве металлический Pb используется для приготовления пластин, а оксид Pb, свинцовый глет, свинцовый сурик и диоксид Pb применяются в виде пасты, которая вмазывается в тонкую решетку, отлитую из свинцово-сурьмяного сплава (пастеризованные пластины)-[39]. Отливка пластин - это операция с расплавленным металлом, опасность которой связана с рассыпанием окалины, образующей налет на полу. Смешивание пасты из оксидов Pb происходит параллельно с литьем решеток. Здесь, как и в последующих операциях, главная вредность вызывается пылью оксидов Pb, особенно во время загрузки миксера порош-

кообразными соединениями. Затем следует вмазывание пасты в пластины либо вручную, либо с помощью машин. В обоих случаях образуется токсичная пыль, которая накапливается по мере высыхания пасты. Далее пластины подвергают термообработке и сушке в печах и переносят для формования. Здесь вновь главной проблемой является пыль, содержащая оксид Pb и другие поллютанты. После вторичной сушки пластины собирают в пакеты для комплектования элементов, что также сопровождается образованием значительных количеств пыли, содержащей многие поллютанты. Например, по данным [168], в технологических пылях одного из аккумуляторных заводов фиксировалась следующая ассоциация элементов (в скобках указаны средние значения Кс относительно фона в почвах): Sb (5000), Ag (1000), Bi (670), Pb (380), Cd (330), Sn (190), Ni (75), As (46), Co (42), Cu (26), Zn (20), W (20), In (20), Tl (20). Следующей технологической операцией является обжиг пакетов для того, чтобы спаять вместе положительные и отрицательные электроды. Он осуществляется в обжиговой камере с принудительной вентиляцией. Обычно заключительная сборка и окончательные операции не создают особой опасности; их выполнение не требует вентиляции, если соблюдаются меры предосторожности [39]. В пластмассовых цехах заводов, по-видимому, фиксируются наиболее низкие концентрации Pb в воздухе, которые тем не менее могут превышать нормативы. Используемая в производстве аккумуляторов серная кислота является чрезвычайно агрессивным веществом, поражающим дыхательные пути, кожу, слизистые оболочки и вызывающим затруднение дыхания, кашель, нередко ларингит, трахеит, бронхит и т. д. [33]. Производственные операции, связанные с экспозицией к аэрозолю серной кислоты, относят к процессам, представляющим опасность развития злокачественных новообразований у рабочих [126;130].

На аккумуляторных заводах используется вода питьевого и технического качества. В производстве кислотных свинцовых аккумуляторов вода питьевого качества применяется для приготовления активной массы и электролитов при формировке пластин, для приготовления суспензий при покрытиях линейных форм, мытья полотен машин при прессовке пластин, для промывки отформированных намазанных пластин, мытья аккумуляторных сосудов и баков и для мытья полов [192]. Свежая техническая вода расходуется на очистку вытяжного воздуха и подпитку системы оборотного водоснабжения, из которой вода используется для охлаждения компрессоров и мельниц для получения свинцового порошка. В производстве щелочных никель-железных и никель-кадмиевых аккумуляторов вода питьевого качества используется для промывки гидрата закиси Ni при изготовлении активной массы положительного электрода, получе-

ния раствора железного купороса и отмывки оксида Fe от сульфат-иона при приготовлении железного порошка из сульфата Fe, для промывки ламельной ленты, сосудов и мелких деталей при никелировании на автоматах, для приготовления щелочных формировочных электролитов и промывки отформованных аккумуляторов. Свежая техническая вода применяется при флотации железной руды и идет на подпитку систем оборотного водоснабжения, вода из которой используется для охлаждения раствора сернокислого железа, компрессоров и сварочных автоматов.

Обычно для отвода сточных вод аккумуляторного производства предусматривают две канализационных сети: производственных стоков и бытовых стоков. Химически загрязненные сточные воды проходят очистку на сооружениях реагентного типа, в состав которых входят усреднители, реакторы, отстойники или осветлители; осадок обрабатывается на фильтр-прессах или иловых площадках. Очищенные стоки совместно с бытовыми направляют на городские очистные сооружения (табл. 6). На практике состав сточных вод может отличаться от "типичного", особенно по содержаниям тяжелых металлов, что во многом обусловлено спецификой производства и очистки стоков. Например, в сточных водах и осадках сточных вод одного из аккумуляторных заводов в Мексике уровни Pb составляли 0,14-10,6 мг/л и 7891-99279 мг/кг соответственно [299]. Авторы подчеркивают, что масштабы загрязнения среды в окрестностях завода соответствует таковому в районах с интенсивным автомобильным движением (~ 50 тыс. автомобилей в сутки).

Таблица 6. Состав сточных вод аккумуляторного производства, мг/л [192]

Показатели	Состав сточных вод	
	до очистки	после очистки
Взвешенные вещества	до 8000	до 50
Эфирорастворимые	до 10	1-1,5
pH	1-2 (кислотные) 9-14 (щелочные)	7 7
Кислоты	500	Отсутствуют
Щелочи	100	Отсутствуют
Сухой остаток	1000 (кислотные) 1000-15000 (щелочные)	1000-2500 2500
Сульфаты	50-100	500
Железо (общее)	до 100	3
Никель	100	0,2
Свинец и кадмий	100-300	0,1-0,3
ПАВ	4	0,05
$БПК_5$ ($мгO_2$/л)	20	15

В окрестностях аккумуляторных заводов в различных компонентах окружающей среды фиксируются повышенные содержания тяжелых ме-

таллов. Зона влияния четко прослеживается до 2-4 км, захватывая жилые кварталы. Наиболее интенсивно среда обитания загрязняется Pb, Cd, Zn, Cu. По данным Ю.Е.Саета [163], среднесуточные уровни Pb в воздухе около завода по производству аккумуляторов составляли 0,020-1,60 мкг/м^3 (в 3-266 раз выше фона). Средняя концентрация Pb в воздухе в 50 и 100 м от завода по регенерации аккумуляторов была на уровне 12,9 и 12,8 мкг/м^3 в ясный и солнечный день и 2,4 и 1,3 мкг/м^3 в дождливый день [314]. Это свидетельствует об интенсивном вымывании Pb атмосферными осадками и о возможности формирования в почвах непосредственно вблизи заводов интенсивных его аномалий. На расстоянии 950 и 1070 м от завода концентрации Pb составляли 1,2-1,9 мкг/м^3 и не зависели от погоды, что может быть связано с различными формами нахождения металла. Вероятно, что вблизи завода большая часть Pb фиксируется более крупными частицами, которые активнее выводятся из воздуха.

Высокие концентрации Pb обнаруживаются в пылевых выпадениях из атмосферы (пыль, уловленная снегом) и в почвах (табл. 7;8). Интенсивность его концентрирования в пылевых выпадения вблизи аккумуляторного завода уступает таковой в районе завода по вторичной переработке свинцового лома, но соотносится с содержаниями в пылях близ автодорог. По интенсивности загрязнения почв Pb аккумуляторное производство уступает переработке лома цветных металлов, но превосходит машиностроение, цементное производство и производство пластмасс. В некоторых случаях интенсивность его концентрирования в почвах около аккумуляторных заводов не уступает таковой вблизи заводов по выплавке Pb и Zn. Так, по данным Д.Братановой [245], концентрации Pb в районе аккумуляторного завода составляли 140-510 мг/кг, около свинцово-цинкового - 29-400 мг/кг. Металл активно накапливался в сельскохозяйственной растительности, выращиваемой вблизи заводов.

Таблица 7. Свинец в пылевых выпадениях из атмосферы [163]

Объект	мг/кг	г/км^2/сут
Заповедные зоны (не менее 50-100 км от городов)	55-90	0,72-0,97
Непромышленные города, отдаленные от промышленных зон жилые микрорайоны крупных городов	100-160	3,5-12,0
Зоны воздействия предприятий (до 1 км):		
машиностроения	200-250	42-60
по производству минеральных удобрений	250	20
по производству цемента	350	610
по вторичной переработки Pb лома	2400	380
автодороги с разной интенсивностью движения	300-4000	-
по производству аккумуляторов	1020	245

Таблица 8. Свинец в почвах близ предприятий [163]

Тип предприятия	Среднее, мг/кг	Кс
Вторичная переработка лома цветных металлов	2470	95
Переработка сплавов цветных металлов	1612	62
Тяжелое машиностроение	260	10
Производство пластмасс	52	2
Цементное производство	36	1,5
Производство аккумуляторов	564	22

Румынскими исследователями в окрестностях завода по производству аккумуляторов установлено загрязнение окружающей среды Pb, Zn и Cu [296]. Они отметили интенсивное накопление в почвах и растениях указанных металлов, концентрации которых закономерно убывали по мере удаления от предприятия. Определены три зоны техногенного влияния: 1) максимального накопления металлов (200-300 м от завода); 2) среднего накопления (от 200-300 до 500-600 м); 3) слабого накопления (более 500-600 м). Наиболее угнетающее действие промышленные выбросы оказывали на плодовые деревья, расположенные в зоне максимального загрязнения. По данным [269], содержание Cd (аэрозольная форма) в воздухе в районе аккумуляторного завода составляло 350 нг/м^3 (фон 0,1-1 нг/м^3), что превышало концентрации его около медеплавильного завода, но было заметно ниже содержания в районе завода по производству кадмиевой массы (табл. 9). В другом случае воздействие аккумуляторных заводов фиксировалось накоплением в почвах Cu, Zn, K, Na [314]. В г.Тюмени в районе аккумуляторного завода в снеговом покрове были установлены чрезвычайно высокие концентрации фосфора [96].

Таблица 9. Кадмий в различных объектах среды в районе заводов [269]

Завод	Воздух, мкг/м^3	Выпадения на почву, мг/м^2	Почва, мг/кг
Аккумуляторный	0,35	3,0	24,7
Медеплавильный	0,3	3,0	2,47
По производству кадмиевой массы	16,2	59,5	287

По оценкам [59], суммарные выбросы Pb в атмосферу аккумуляторными заводами России, объединенных в АО "Электрозаряд", в 1995 г. составили 28,2 т (в пересчете на металл); сбросы в водоемы (через канализацию) - 35,3 т. На свалках и площадках находится до 1 млн. т Pb в отработавших аккумуляторах; при существующем положении с их утилизацией эта величина должна возрастать на 50-60 тыс. т/год. С отработанными аккумуляторами (за вычетом собранных Вторметом) в отходы поступило 67000 т Pb; на предприятиях образовалось 1,9 млн. т свинецсодержащих отходов.

2.3. Геохимические особенности воздействия аккумуляторных заводов на окружающую среду

Особенности геохимического преобразования окружающей среды в зонах влияния аккумуляторного производства рассмотрим на примере заводов, расположенных в Курске, Подольске и Свирске.

Курск

Курск (население ~ 430 тыс. чел.) - крупный промышленный центр России. Здесь расположены многие предприятия, в том числе завод "Аккумулятор" [46]. В пределах города выделяются четыре района: Центральный, Западный, Восточный и Южный, различающихся рельефом, условиями формирования поверхностного стока, особенностями застройки, источниками загрязнения окружающей среды. В среднегодовой многолетней розе ветров заметно преобладают западные и юго-западные ветры. Курский аккумуляторный завод (КАЗ) - один из основных источников загрязнения городской среды тяжелыми металлами - расположен в Южном промышленном районе города, занимающего левобережье р. Сейм.

КАЗ (4200 рабочих) является одним из крупнейших аккумуляторных заводов России. Он функционирует с начала 1950-х гг. и выпускает аккумуляторы и оборудование для электротехнических заводов. Согласно официальной отчетности, на заводе в середине 1980-х гг. имелось 69 локальных источников выбросов Pb, 57 - Ni, 39 - Cd [151]. Ежегодная эмиссия в атмосферу Pb составляла ~ 105 т, Ni > 15 т, Cd ~ 1 т. Без очистки выбрасывалось 25% Pb, 67% Ni, 78% Cd; на очистных сооружения обезвреживалось только 59,4% Pb, 21,8% Ni и 9,8% Cd. В воздухе рабочих помещений завода фиксировались концентрации основных поллютантов, практически постоянно превышающие ПДК (табл. 10).

Таблица 10. Металлы в воздухе рабочей зоны КАЗ, мг/м^3 [151]

Участок	Среднесменные значения					
	Cd		Ni		Pb	
	1	2	1	2	1	2
Прессования электродов из оксида Cd	0,69	100	0,25	75	0,11	100
Пропитки	0,75	100	0,021	нет	0,07	100
Переплавки Cd анодов	2,85	100	0,009	нет	0,02	100
Электродный	2,05	100	1,38	80	0,02	100
ПДК	0,05		0,05		0,01	

Примечание: 1 - средняя концентрация; 2 - число проб с превышением ПДК, %; среднегодовые концентрации - за 7 лет.

Еще 20 лет назад было установлено, что наиболее загрязненным районом Курска является его южная и юго-западная часть [95]. Работами О.В.Кайдановой [78;79] показано, что в почвах ЮПР интенсивно концентрируются Ni, Pb, Zn, Cu, Cd, Be, Sb, тогда как в жилой части города отмечались лишь слабоконтрастные аномалии Zn, Cu и Pb. Основное загрязнение городской среды Cd, Pb и Sb справедливо связывалось с деятельностью аккумуляторного завода. Исследования распределения сульфатов, нитратов, хлоридов и ряда тяжелых металлов в снеговом покрове города показали, что зона влияния города на окрестности вытянута в южном направлении. Уровни содержания сульфатов в зоне загрязнения в среднем в 2 раза превышают их концентрацию в снеге сельских районов Курской области.

Детальные работы по оценке воздействия КАЗ на среду обитания были выполнены в середине 1980-х гг. [151]. Площадное опробование снегового покрова (исследовалась пыль, осажденная со снегом) в пределах ЮПР позволило выделить комплекс химических элементов (геохимическую ассоциацию), связанный с выбросами аккумуляторного завода, и провести зонирование территории по интенсивности проявления техногенных аномалий, т. е. по степени техногенного воздействия (рис. 1, табл. 11). Зона техногенных аномалий, отвечающих очень сильному уровню загрязнения (значения Zc в снеговой пыли составляют 256-512), приурочена к промплощадке КАЗ и захватывает часть жилого района, примыкающего к заводу с северо-востока. Зона сильного загрязнения (Zc=128-256) примыкает к выше названной зоне с севера, прослеживаясь до 1,5 км от КАЗ. В ее пределы попадают жилые районы с одно- и многоэтажной застройкой.

Таблица 11. Ассоциации химических элементов в снеговом покрове (пыль, осажденная со снегом) в окрестностях аккумуляторного завода

Зона загрязнения (Zc)	Кс (относительно кларка литосферы)				
	> 100	100-30	30-10	10-3	< 3
Очень сильного (256-512)	Pb-Ni	**Cd**	Sb-**W**-Mo	Cu-Ag-Zn-Be-Co-Sr-**Sn**-**Ba**	V-Li-**Cr**
Сильного (128-256)		Pb-**Cd**-Ni	Sb-Ag-W	Zn-Mo-Be-Sr-**Ba**-**Sn**-Co-V-Li-**Cr**	
Среднего (64-128)		Pb-**Sb**	Ni-W-**Sn**	Cu-Be-Ag-Mo-Sr-**Cr**-Ba-**V**	Co

Примечание: выделены элементы, встречающие менее чем в 50% проб.

Зона среднего загрязнения (Zc=64-128) захватывает жилые массивы, расположенные к северо-западу от предыдущей зоны. В пространственном отношении она неоднородна и в ее пределах есть участок, отвечающий зоне сильного загрязнения, где в снеговой пыли наиболее интен-

сивно концентрируется Sb. Зона слабого загрязнения (Zc=32-64) представлена локальными “пятнами” на фоне аномалий, отвечающих зонам сильного и среднего загрязнения. Сплошное распространение она имеет за пределами территории опробования (т. е. на удалении более чем 1,5 км от завода). Если исходить из данных, приводимых авторами цитируемой работы, то заметную часть изученной территории занимают участки со значениями Zc в снеговой пыли менее 32.

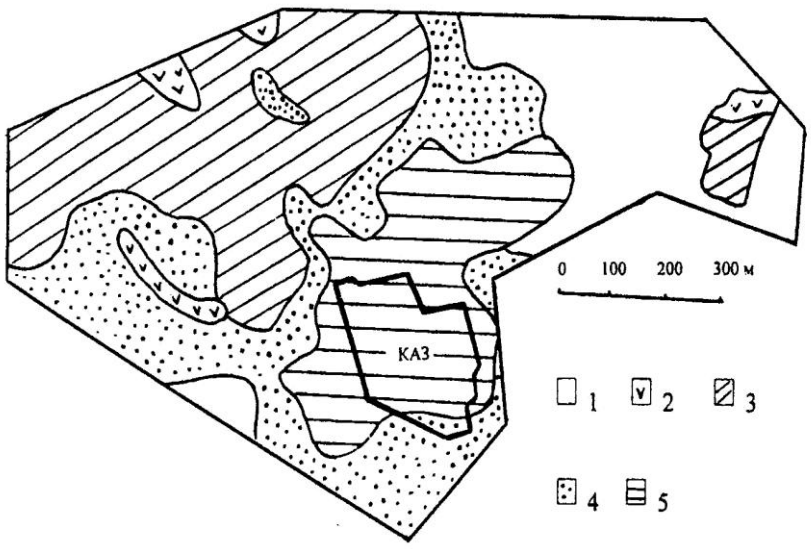

Рис. 1. Распределение значений суммарного показателя загрязнения (Zc) снегового покрова в окрестностях Курского аккумуляторного завода; значения Zc: *1* - < 32; *2* - 32-64; *3* - 64-128; *4* - 128-256; *5* - 256-512

Ведущими элементами техногенных геохимических аномалий, фиксируемых снеговой пылью, являются Pb, Ni, Cd и Sb, т. е. элементы, широко используемые в технологических процессах аккумуляторного завода и присутствующие в его выбросах и отходах. Вторую группу (по интенсивности концентрирования и встречаемости) составляют W, Mo и Ag; третью - Cu, Be и Sn (типичные для электротехнической промышленности и производств, использующих прокат черных и цветных металлов). В площадном отношении геохимические аномалии ведущих элементов ассоциации снегового покрова обладают морфологическим сходством с аддитивным ореолом (фиксируемого по значениям Zc). Специфической особенностью являются: а) более значимая (по площади) интенсивность загрязнения снеговой пыли Ni (40% опробованной территории соответствует зоне максимального загрязнения (Кс>32); б) резко выраженная пространственная неоднородность (“пестрота”) аномалий Pb; в) высокая контрастность аномалий Sb. Как правило, максимальные концентрации металлов в снеговой пыли приурочены непосредственно к промплощадке КАЗ, зона воздействия которого четко прослеживается до 2 км.

Анализ результатов почвенной, показал, что почвы ЮПР интенсивно концентрируют Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Sn, V, B, Mo, т. е. элементы, типичные для “снеговых” аномалий и выбросов аккумуляторного завода (рис. 2). Вытянутость геохимических аномалий в северном направлении (вдоль железной дороги) авторы объясняют потерями сырья при транспортировке; в западном - аккумуляцией поллютантов в почвах тылового шва речной поймы, где Zc в отдельных точках достигали значений в 1000 и более (главным образом, за счет очень высоких концентраций Pb и Cd). В почвах жилых районов (к северу от КАЗ) наблюдались концентрации Pb, превышающие значения в 250-500 мг/кг и достигающие в отдельных точках 4000-5000 мг/кг. Считается, что при содержании металла в почвах > 250 мг/кг возможно превышение уровня его ПДК в атмосферном воздухе; концентрации Pb в почвах > 500 мг/кг (например, в пределах детских игровых площадок) могут оказывать отрицательное воздействие на здоровье детей. Содержания в почвах Ni в отдельных точках близ завода достигали 400 мг/кг, Cd - 27 мг/кг и более. Тем не менее в целом масштабы и интенсивность проявления техногенных аномалий металлов в почвах ниже, чем в снеговом покрове.

Литературные данные свидетельствуют о том, что при установленном уровне концентрирования металлов в снеговой пыли и масштабах проявления аномалий в снеговом покрове следовало бы ожидать более интенсивного загрязнения почв. Рассматриваемый район Курска располагается в зоне активного вещественного обмена - на террасах и в пойме

р.Сейм. Бурные весенние паводки, характерные для лесостепной зоны, способствуют выносу накопленных в снеге поллютантов за пределы района; в летнее время они могут мигрировать в составе дождевого стока. Определенное значение, как отмечают авторы исследования [151], имеет и вывоз с территории завода и его окрестностей снега. В пойме, например, отмечены повышенные содержания тяжелых металлов, особенно в пределах замкнутых (старичных) понижений. Это, в частности, указывает на вероятность высокого уровня загрязнения донных отложений реки Сейм, но фактические данные, подтверждающие это, отсутствуют.

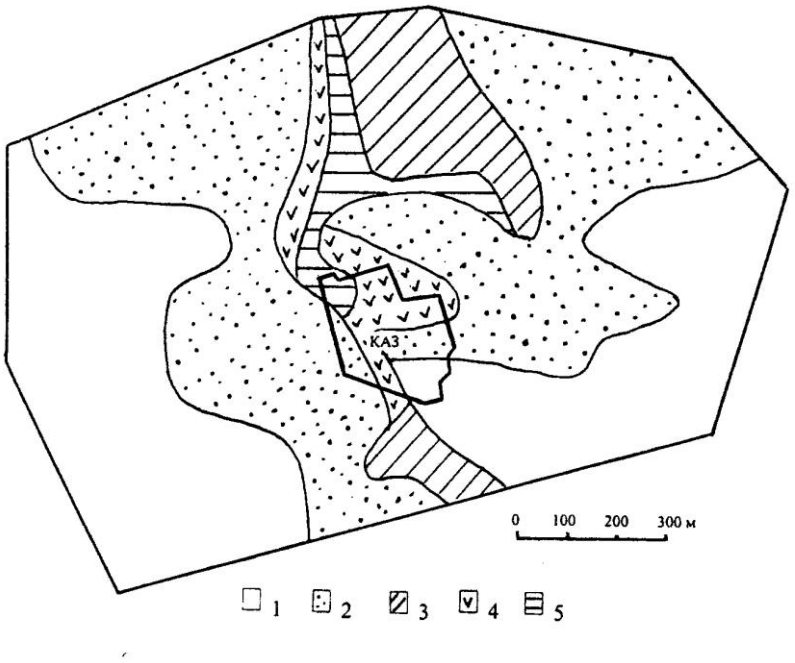

Рис. 2. Распределение суммарного показателя загрязнения (Zc) в почвах в окрестностях Курского аккумуляторного завода; значения Zc: *1* - < 8; *2* - 8-16; *3* - 16-32; *4* - 32-64; *5* - 64-128

По данным А.А.Волоха [30;31], в зоне влияния КАЗ максимальные уровни Pb, Cd и Ni в приземном слое атмосферного воздуха превышали ПДК в 4-6 раз. Высокие концентрации отмечены также для V, Cr и ряда других тяжелых металлов (табл. 12). На удалении в 5 км от завода содержания практически всех поллютантов приближались к фоновым. Наиболее четко корреляционные связи (в динамическом ряду наблюдений) прослеживались для Pb, Ni и Cd, что позволяет утверждать об их типоморфности для данного источника загрязнения. Воздействие электролампового завода четко фиксировалось высокими концентрациями Mo, Pb, Zn и Sn.

Таблица 12. Ассоциации химических элементов в атмосферном воздухе

Город (производство)	Кс относительно фона			
	> 100	100-50	50-10	Менее 10
Курск (аккумуляторы)	Pb	Cd-Ni	V-Cr	Zn-Mn-Mo-Sn
Москва (электролампы)	-	-	Mo-Pb-Zn-Sn	Mn-V-Cr-Ni

Динамические наблюдения указывают на стабильно высокий уровень техногенного загрязнения атмосферного воздуха. В ближней к заводу зоне в 60% среднесуточных проб содержания Pb превышали ПДК, в 10% проб превышение ПДК фиксировалось для Ni (табл. 13). Концентрации практически всех изученных поллютантов многократно и постоянно превышали фоновый уровень, особенно в 500-2000 м от завода. На удалении в 20 км от завода они снижались до уровней городского фона.

Таблица 13. Химические элементы в атмосферном воздухе (аэрозольная форма) в зоне влияния КАЗ, мкг/м^3 [151]; в скобках - число проб; фон по А.А.Волоху

Компонент, уровень содержания	Направление и расстояние от КАЗ			Фон
	С-СВ, 500 м (15)	СВ, 2000 (17)	СВ, 20000 м (4)	
Свинец				0,006-0,012
Средний	3,10	1,66	0,11	
Максимальный	16,8	8,55	0,18	
Никель				0,003-0,006
Средний	0,57	0,27	0,07	
Максимальный	5,32	0,97	0,10	
Кадмий				0,0001-0,001
Средний	0,027	0,018	0,0055	
Максимальный	0,098	0,076	0,010	
Цинк				0,010-0,025
Средний	0,28	0,40	0,18	
Максимальный	1,11	1,15	0,22	
Хром				0,005-0,012
Средний	0,062	0,064	0,33	
Максимальный	0,24	0,29	0,43	
Медь				0,006-0,010
Средний	0,28	0,082	0,078	
Максимальный	1,35	0,156	0,204	

Характерной особенностью распределения концентраций многих металлов в приземном слое воздуха является временная неоднородность (в интервалах опробования “сутки”), наиболее проявленная для ближней зоны воздействия завода и особенно для Pb, Cd, Ni. Это может быть связано с дискретностью поступления поллютантов в составе промышленных выбросов, влиянием вторичных источников (загрязненных почв и т. п.), неоднородностью ветрового поля в условиях городской застройки.

Как отмечалось выше, формирующиеся в снеговом и почвенном покровах в зоне влияния КАЗ техногенные геохимические аномалии захватывают жилые районы с индивидуальной застройкой, в пределах которой распространены приусадебные участки, где жителями выращиваются овощи, картофель и др. Исследование накопления тяжелых металлов в почвах этих участков и в картофеле, выращиваемом на них, показало, что валовые содержания поллютантов в огородных почвах в среднем в несколько раз ниже, нежели их концентрации в городских почвах. Это обусловлено периодическим вспахиванием верхнего горизонта огородных почв и выносом элементов в более глубокие почвенные слои. Тем не менее для подвижных форм металлов наблюдалось превышение фона и ПДК (табл. 14).

Таблица 14. Подвижные формы (аммонийно-ацетатная вытяжка, pH=4,6) металлов в почвах огородов [151]

Металл	Среднее, мг/кг	Кс относительно фона	ПДК подвижных форм
Свинец	11,6	23,2	6
Цинк	14,7	8,3	23
Никель	11,4	56,8	4
Кадмий	0,58	8,2	?

Примечание: площадка опробования удалена от промзоны КАЗ на 300 м.

Превышение ПДК подвижных соединений Pb, Ni и Zn в зоне влияния завода до 1 км наблюдалось, как правило, уже при валовых концентрациях выше фона примерно в 2 раза. Обнаружена тенденция к накоплению Pb, Cd и Co в клубнях картофеля.

Подольск

Подольск (население > 207 тыс. чел.) - крупнейший промышленный центр Подмосковья. Ведущее место в промышленности принадлежит машиностроению, металлообработке и электротехнике (заводы аккумуляторный, кабельный и др.). В 1935 г. здесь вступил в строй первый в России аккумуляторный завод, выпускающий автомобильные и тракторные

аккумуляторы и аккумуляторные батареи. В середине 1970-х гг. на заводе ежегодно производилось ~ 2 млн. автомобильных аккумуляторов [45]. В последние годы объем производства составляет ~ 880 тыс. аккумуляторов в год [19]. На заводе работает > 1700 чел. Подольский аккумуляторный завод (ПАЗ) выбрасывает в атмосферу аэрозоли серной кислоты, Pb, оксиды азота, сернистый газ и другие вредные вещества, общий объем которых в середине 1980-х гг. составлял 700 т/год [169].

В ходе изготовления аккумуляторов основная пыль образуется при размоле чушек Pb, при изготовлении пасты и намазке пластин, при разрубке пластин на части, при непосредственной сборке аккумуляторов. В целом количество выбрасываемой в атмосферу пыли невелико, поскольку при измельчении она улавливается так называемым “абсолютным” фильтром, с которого стряхивается и вновь поступает в производство. При других процессах идет мокрое улавливание пыли (в чаны с водой)-(Сает и др., 1980). Пыль аккумуляторного производства обогащена многими химическими элементами (табл. 15).

Таблица...Химические элементы в пылях ПАЗ (Сает и др., 1980)

Компонент	Среднее, мг/кг	Кс относительно фона в почвах
Бериллий	3	2
Бор	30	0,8
Скандий	11	4
Титан	1500	0,3
Ванадий	30	0,5
Хром	40	0,9
Марганец	600	1,1
Кобальт	300	42
Никель	1500	75
Медь	700	26
Цинк	1000	20
Галлий	7	0,6
Мышьяк	300	46
Стронций	100	3,6
Цирконий	30	0,1
Молибден	6	6
Серебро	100	1000
Кадмий	100	333
Индий	1	20
Олово	1000	192
Сурьма	10000	5000
Барий	1000	4
Вольфрам	20	20
Таллий	20	20
Свинец	10000	385
Висмут	200	666

Сравнительная оценка химического состава пыли различных промышленных предприятий (расположенных в Подольске, соседних городах и поселках) показывает, что по интенсивности концентрирования изученных элементов и комплексности состава геохимической ассоциации аккумуляторный завод уступает лишь заводу цветных металлов (табл. 16). Важнейшей спецификой аккумуляторного завода является контрастное концентрирование в пылях Sb, Ag, Bi, Pb, Cd, Ni и As, в меньшей степени Co. Характерно также присутствие повышенных концентраций Be и Sc, не концентрирующихся в аномальных количествах в пылях других производств (Сает и др., 1980).

Таблица 16. Химические элементы в пылях различных предприятий

Завод	Кс относительно фона в почвах						
	> 1000	1000-300	300-100	100-30	30-10	10-3	<3
ПАЗ	Sb-Ag	Bi-Pb-Cd	Sn-	Ni-As-Co	Cu-Zn-In-W-Tl	Mo-Ba-Sc-Sr	Be
Цветных металлов	Hg-Sb-Cd-	In-Bi-Pb-Sn-Ag	Zn-As	Cu	Cr-Tl	W-Ni-Mo	B-Sr
Выплавка олова		Sb-Ag-Sn-Zn-Pb-Cd	W	Cr-Ga	Bi-Mo	Cu-Co-Ni-V-	Sc
Масляных красок	Hg-Cd	Ag-Zn-Sn	Cu-W-Bi	Sb	Mo	Co-Ni-Sr	
Коксохимический	Hg			Sb-W	Zn-Pb	Mo-Sr	Li
Кондиционеров		Ba	Pb-Sb-Mo	W-Co-Cr	Zn-Cu-Ni-V		Bi

В почвах промзоны ПАЗ и примыкающего к ней жилого района фиксируются высокие концентрации многих химических элементов. На рис. 3 приведена схема распределения геохимических аномалий в окрестностях аккумуляторного завода. Некоторая извилистость контуров наблюдается там, где аномалия проходит по сельскохозяйственным угодьям, и связана с разубоживанием концентраций из-за периодического вспахивания верхнего слоя почв. Интенсивность загрязнения оценивается как средне и умеренно опасное (Zc=16-32), зона влияния прослеживается до 7 км от завода. Наиболее высокий уровень загрязнения фиксируется в радиусе 4-5 км от завода. Загрязнение характеризуется комплексным составом поллютантов (Pb, Zn, Cu, Hg, Sn и др.). Ведущую роль играет свинец. Об этом свидетельствует морфологическое сходство его ореола с аддитивным ореолом (по значениям Zc). Определения металлов в воздухе жилых кварталов, прилегающих к заводу (в зоне до 3 км), зафиксировали высокий уровень его загрязнения Pb и другими поллютантами.

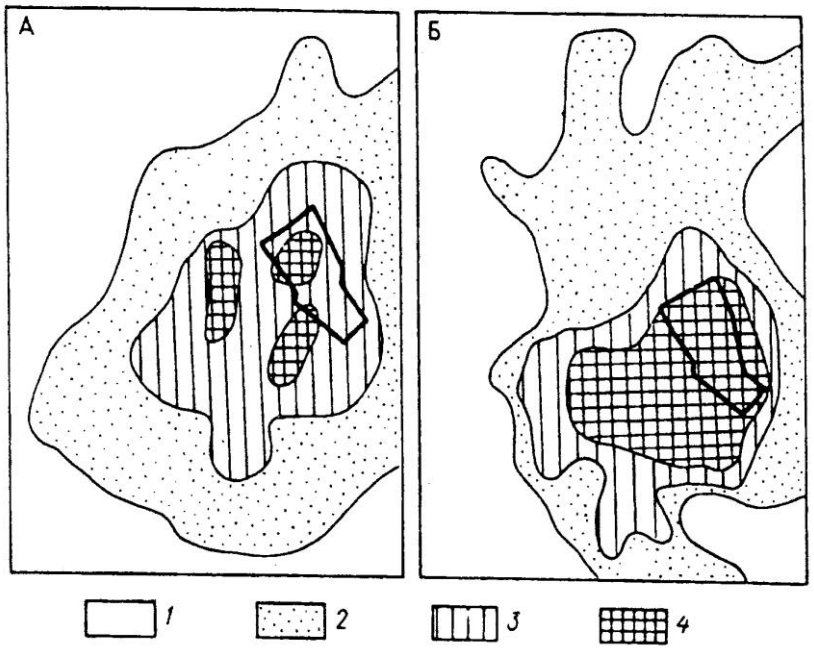

Рис. 3 Техногенный ореол рассеяния в почвах города в зоне влияния аккумуляторного завода [168]: 1-4 - контуры ореола: А - по показателю Zc, суммирующему аэрогенное накопление свинца, цинка, меди, ртути, олова (*1* - менее 16; *2* - 16-32; *3* - 32-128; *4* - более 128); Б - по Кс свинца (*1* - менее 3; *2* - 3-6; *3* - 6-10; *4* - 10-30); фон свинца - 26 мг/кг

На заводе существуют локальные очистные сооружения, использующие химические методы очистки стоков (объем сточных вод завода ~ 2400 м^3/сутки). Тем не менее содержания поллютантов в очищенных стоках многократно превышают фоновые уровни в природных водах. Например, по данным (начало 1980-х гг.) заводской аналитической лаборатории [226], систематические наблюдения (до 160 раз в год) за содержанием Pb в очищенных сточных водах завода показывали, что в 50% случаев его концентрации в 10 раз были выше ПДК для водоемов, достигая в отдельные дни 1200 мкг/л; концентрации Cr составляли 10 мкг/л (фон=0,003 мкг/л). Высокие содержания металлов фиксировались во

взвешенном веществе. Сточные воды завода поступают в городскую канализация и после прохождения общегородских очистных сооружений по ручью Черному сбрасываются в р. Пахру (которая впадает в р.Москву). Указанный ручей принимает также поверхностный сток с территории промышленного района города.

В свое время в устье ручья в течение 32 дней подряд велись наблюдения за распределением в его водах растворенных и взвешенных форм многих химических элементов, для которых были установлены очень высокие концентрации (рис. 4). В донных отложения ручья накапливались (в скобках Кс): Hg (317)-Ag (159)-Cd (60)-In (53)-Cu (26)-Ni (24)-Pb (21)-Sn (15)-Sb (14)-V (10)-Zn (7)-Cr (6)-Nb (5)-W (4)-Bi (3)-Sr (3)-Ba (3)-Ti (3)-Co-Be-Mo-Sc-Y (1,5-2).

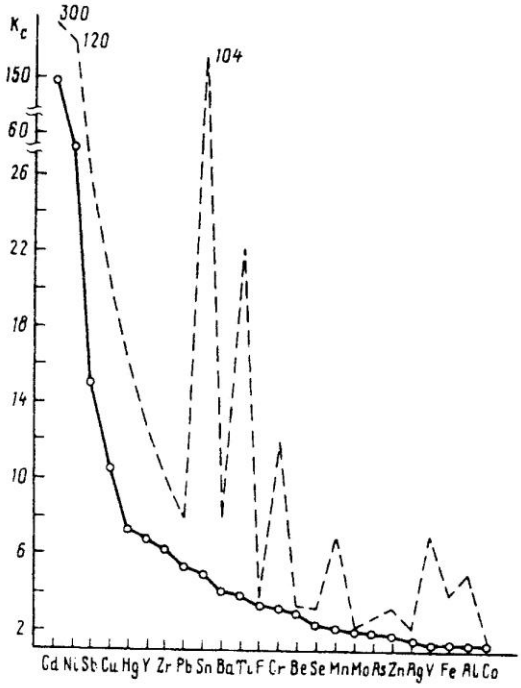

Рис. 4. Геохимические спектры в воде ручья Черный: сплошная линия - средние значения Кс растворенных форм за 32-дневный период наблюдения; пунктир - максимальные значения Кс за тот же период

В условиях воздействия множества техногенных источников установить роль (“долю”) ПАЗ в загрязнении водотоков (руч. Черного и р. Пахры) достаточно сложно. Тем не менее можно предположить, что Cd, Pb, Ni, Sb, присутствующие в водах и донных отложениях, в значительной степени связаны именно с этим производством. Анализ данных показывает, что в условиях загрязнения поведение металлов в поверхностных водах определяется сложным взаимодействием техногенных и природных факторов. Так, аномалии в водах руч. Черного формируются в результате поступления двух основных потоков - взвешенных и растворенных форм (табл. 17). Для всех металлов велико значение взвешенных форм, причем для Pb они являются преобладающими. Фиксируется заметное различие в формах миграции в сравнение с фоновыми условиями. В частности, для Pb в зоне загрязнения наблюдается (при росте валовых концентраций) увеличение доли взвешенных форм. Для Cd и Ni, наоборот, происходит снижение их доли, что, видимо, определяется спецификой технологических процессов и особенностями очистных сооружений.

Таблица 17. Тяжелые металлы в водах ручья Черный, мкг/л [226]

Металл	Параметр (форма)	Среднее	Интервал	Фон
Свинец	Растворенная	16	1-24	2,20
	Взвешенная	63,5	5,1-469,4	5,27
	Вал	79,5	-	7,47
	Доля взвешенной, %	80	-	71
Кадмий	Растворенная	6,14	0,22-18,08	0,24
	Взвешенная	3,22	0,26-9,04	0,40
	Вал	9,36	-	0,64
	Доля взвешенной, %	34	-	63
Никель	Растворенная	48	1-102	2,6
	Взвешенная	26,1	2,6-105,1	4,1
	Вал	74,1	-	6,7
	Доля взвешенной, %	35	-	61
Сурьма	Растворенная	-	2-27	-

Сумма растворенных форм складывается из неорганической и органической компонент (табл. 18), причем техногенные аномалии проявились, хотя и в разной степени, в обеих компонентах. Для Ni характерно (в отличие от фоновых условий) преимущественное поступление в неорганических формах, а для Cd - в органических. Такое соотношение может быть связано с тем, что в загрязненных водах снижается относительная доля высокомолекулярных природных органических веществ типа “водный гумус” и начинает преобладать техногенная низкомолекулярная органика. Комплексообразующая способность последней в отношении Ni ниже, чем у гумусовых природных веществ [93]. Поэтому в техногенных

условиях доминируют его комплексы с неорганическими лигандами и ионные формы. Кадмий отличается невысокой комплексообразующей способностью; малохарактерна для него и связь с природными органическими лигандами, поэтому в фоновых условиях его преобладающей формой является неорганическая ионная. В то же время для Cd установлена способность активно формировать устойчивые хелатные соединения с синтетическими органическими веществами (например, с ПАВ)-[111], что может определять высокую долю органически связанного Cd в загрязненных водах, богатых техногенной органикой.

Таблица 18. Растворенные формы Ni и Cd в воде руч. Черный, мкг/л; в скобках - фон [226]

Металл	Общая	Неорганическая	Органическая	Доля органической от общей, %
Никель	56,09 (8)	45,88 (4)	10,21 (4)	25 (50)
Кадмий	9,25 (0,61)	4,85 (0,58)	4,4 (0,03)	48 (5)

Во взвешенном в воде материале для многих элементов характерно преимущественное закрепление в геохимически активных (сорбционных, органических, гидроксидных) формах (табл. 19). Это свидетельствует о высокой миграционной способности и экологической опасности металлов, связанных со взвесью. Формы металлов во взвеси достаточно идентичны таковым в донных отложениях. Различия закономерно проявляются в увеличении для последних доли сорбционно-карбонатных форм.

Таблица 19. Формы нахождения металлов в твердом взвешенном веществе (1) и донных отложениях (2) (ручей Черный) [226]

Металл	Вал, мг/кг		Сорбционно-карбонатные, %		Органические, %		Связанные со свежеосажденными оксидами и гидроксидами, %		Связанные с кристаллическими оксидами, %	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ni	425	106	42	49	18	13	19	22	21	16
Cd	71,4	8,7	71	89	1	3	17	2	11	6
Pb	953	192	12	41	8	2	31	39	49	18

Особенностью поведения элементов в динамическом ряду наблюдения является резко выраженная неоднородность распределения их концентраций, особенно на коротких (часы-сутки) интервалах времени (рис. 5). Неоднородность (“динамичность”) фиксируется на общем высоком фоне содержаний металлов, для большинства которых техногенные аномалии устойчивы во времени (табл. 20). Для Pb более контрастно аномалии проявляются во взвешенных, для Ni и Cd - в растворенных формах.

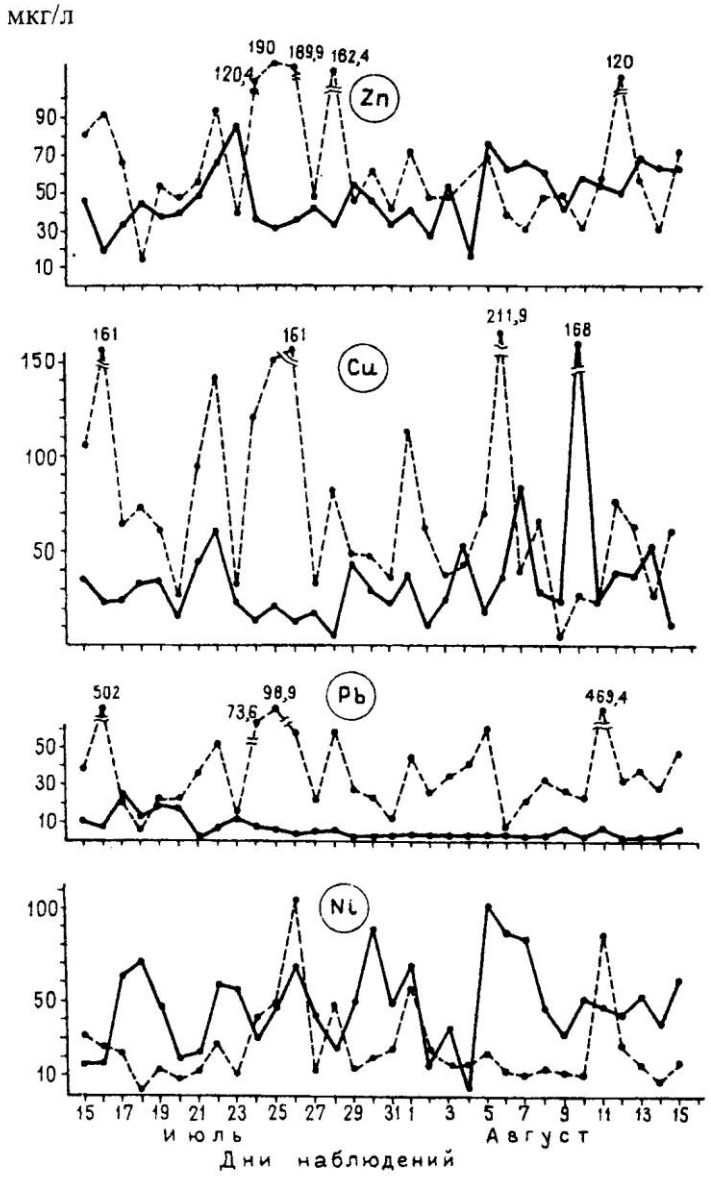

Рис. 5. Распределение взвешенных (пунктир) и растворенных (сплошная линия) форм металлов в воде ручья Черный

Таблица 20. Встречаемость дней с высоким содержанием взвешенных (В) и растворенных (Р) форм металлов в руч. Черном (в % от всего периода наблюдения)

Металл	Форма миграции	Превышение фонового уровня			
		любое	в 3 раза	в 5 раз	в 10 раз
Никель	В	97	81	41	19
	Р	97	97	97	78
Кадмий	В	97	84	56	34
	Р	94	88	72	47
Свинец	В	97	88	63	19
	Р	47	22	13	3

Для всех изученных металлов корреляционный анализ не показал временной связи их распределения во взвешенной и растворенной формах, т. е. техногенная поставка поллютантов осуществляется двумя независимыми способами - со взвесью и в растворе. Вместе с тем при анализе распределения во времени ассоциаций химических элементов устанавливается различие между растворенными и взвешенными формами миграции. Так, в растворе распределение большинства элементов независимое, т. е. поступление растворенных форм металлов от источника загрязнения отличается незакономерным и варьирующим во времени характером. Взвешенные формы элементов распределяются согласованно, т. е. поступают и мигрируют синхронно. Это указывает на общность их источника поступления и схожесть поведения. Расчеты показали, что с водами руч. Черный в р. Пахру ежегодно поступало до 4 т Pb.

Изучение распределения Ni, Cd и Pb в водах р. Пахры показало, что протяженность техногенных гидрохимических аномалий достаточно велика и достигает 20-25 км (при общем динамичном распределении во времени). Еще более протяженны и контрастны аномалии металлов в донных отложениях (техногенных илах) р. Пахры (рис. 6, табл. 21).

Таблица 21. Химические элементы в техногенных илах реки Пахры в зоне влияния Подольска (приведены средние значения Кс относительно фона)

Металл	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4	Участок 5
Никель	2	8	49	15	3
Кадмий	1	28	786	111	12
Свинец	3	12	22	6	2

В пределах участка 1 формирование загрязнения в донных отложениях связано с влиянием поверхностного стока и сточных вод заводов металлообработки и машиностроения, поступающих в Пахру по небольшому ручью. В пределах участка 2 по руч. Черному осуществляется сброс сточных вод города и многих промышленных предприятий (в том числе ПАЗ). Участок 3 представляет собой геохимический барьер, обусловлен-

ный геоморфологическим строением русла - резкое выполаживание продольного профиля, наличие островов и затонин, с интенсивным развитием в последних водной растительности, заметное сужение русла реки, что в конечном счете способствует аккумуляции переносимых рекой отложений. В пределах участка 4 фиксируется влияние крупной свалки промышленных и бытовых отходов (Щербинская свалка). Распределение металлов в периферийной части прослеженной зоны загрязнения (участок 5) связано с разубоживанием техногенного материала и с естественным затуханием аномалий.

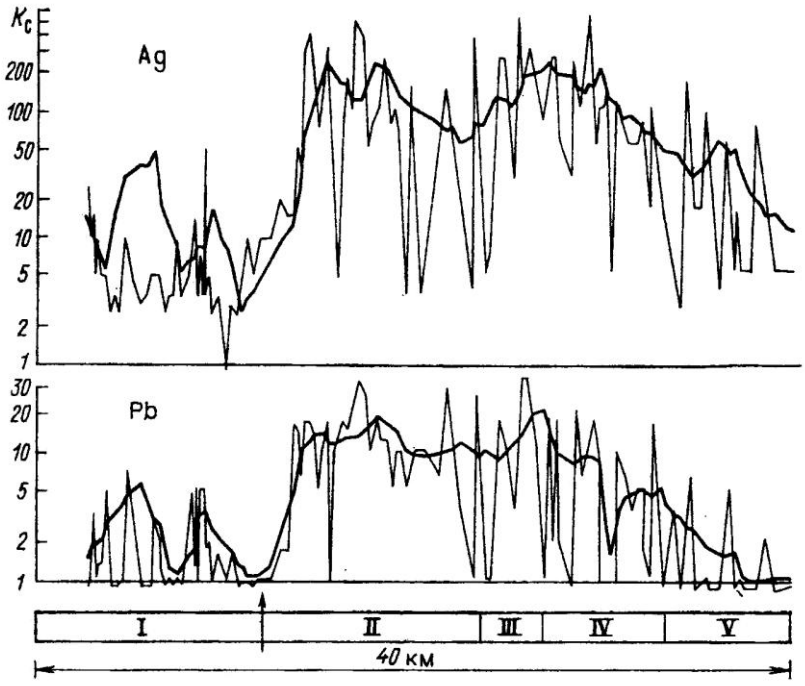

Рис. 6. Свинец и серебро в донных отложениях реки Пахры: тонкая линия - фактическое распределение; жирная линия - осредненное распределение; стрелкой показано место впадения ручья Черный; римскими цифрами обозначены выделяемые участки (см. текст); Кс - коэффициент концентрации относительно фона

Важнейшей особенность распределения металлов в донных отложениях является их высокая пространственная вариация, которая в ближней зоне воздействия осуществляется при общих высоких уровнях содержания. Для рассматриваемых металлов установлена высокая степень пространственной корреляции, особенно в пределах участка 2, что свидетельствует об общности источника их поступления в реку и схожести механизмов миграции и аккумулирования. Значительная часть металлов накапливается в донных отложениях в активных (подвижных) формах. Очень высокие концентрации металлов фиксируются в иловых вода, где содержания, например, Cd и Pb достигают 4 и 400 мкг/л соответственно. Все это определяет повышенную экотоксикологическую опасность загрязненных донных отложений и их значимость как источников вторичного загрязнения.

Свирск

Город Свирск (Иркутская область, население ~ 20 тыс. чел.) расположен в 150 км к северо-западу от Иркутска. Здесь функционирует завод "Востсибэлемент" (> 3300 рабочих), производящий аккумуляторы и аккумуляторные элементы. Согласно данным [51], суммарный показатель загрязнения почв в городе составляет в среднем 48 (что соответствует высокому опасному уровню загрязнения), а концентрации Pb, Zn, V, Cu, Co, Ni значительно превышают фон и имеющиеся ПДК. По сведениям [64], в середине 1980-х гг. в окрестностях города в почвах отмечались концентрации Hg, превышающие гигиенический норматив; содержания Pb в зоне радиусом 1 км достигали 540 мг/кг (в 14 раз выше ПДК); фиксировалось также превышение уровней ПДК для V и Mn и фона (на 1-2 порядка) для Mo, Ni, Zn (табл. 22).

Таблица 22. Уровни содержания металлов в верхнем слое почв в окрестностях Свирска, мг/кг [63]

Металл	Средний	Максимальный	Число случаев превышения ПДК, %
Свинец	55	320	45
Марганец	890	2800	6
Ванадий	92	760	15

Зона влияния завода прослеживается на несколько километров. Так, среднее содержание Pb в почвах в радиусе 15 км от завода "Востсибэлемент" достигает 8 ПДК, максимальное - 46 ПДК, но наиболее высокие значения фиксируются в ближней (0-1 км) от завода зоне (Удодов и др.-[210]).

2.4. Гигиенические последствия воздействия аккумуляторного производства на среду обитания

Экстремальное воздействие неблагоприятных факторов на человека, связанных с аккумуляторным производством, закономерно проявляется для рабочих и служащих заводов, прежде всего, в повышенном накоплении поллютантов в организме, интоксикации и специфических отклонениях в состоянии здоровья.

На Курском аккумуляторном заводе, в цехах которого фиксировались высокие концентрации тяжелых металлов, отмечалось интенсивное концентрирование их в организме рабочих (табл. 23). У многих рабочих содержания металлов превышали допустимый уровень в моче и физиологический уровень в волосах, достигая в отдельных случаях значений, при которых диагностируются различные интоксикации. В частности, при наблюдаемых у рабочих КАЗ содержаниях Cd, могут нарушаться функциональное состояние почек, возникать анемия, значительно возрастать заболевания желудочно-кишечного тракта, а также проявляться другая патология [33]. Высокие уровни Pb и Cd были установлены и в биосубстратах работников завода в Подольске (табл. 24). Как отмечалось, наиболее высокие концентрации свинцового аэрозоля на аккумуляторных заводах встречаются на участках литья, смешивания оксидов, вмазывания пасты. Исследования показали, что самое большое содержание Pb в крови (таб. 25) и наибольшее угнетение активности АЛДГ характерно именно для рабочих этих цехов. Использование средств индивидуальной защиты не всегда приводит к желаемым результатам [70].

Таблица 23. Тяжелые металлы в биосубстратах рабочих и служащих КАЗ [151]

Участок (в скобках - число проб)	Кадмий		Никель	Свинец
	Моча, мкг/л	Волосы, мкг/г	Волосы, мкг/г	Волосы, мкг/г
Прессования электродов из оксида Cd (8)	59,9	152,9	29,5	34,9
Сборочный (3)	117,1	63,0	23,7	38,0
Зачистки (2)	27,5	81,0	57,5	56,5
Пропитки (1)	45,0	290,0	13,0	45,0
Переплавки Cd-анодов (1)	70,0	1250,0	60,0	190,0
Электродный (6)	35,7	30,6	184,3	40,6
Приготовления основы электродов (1)	65,0	125,0	75,0	48,0
Заводская лаборатория (24)	-	2,88	2,32	49,7
Фон	1,5	0,27	3,0	3,07
Допустимый уровень	10	25	70	70

Таблица 24. Металлы в биосубстратах рабочих ПАЗ, мкг/г [153;168]

Показатель	Pb (волосы), мкг/г	Кадмий	
		Волосы, мкг/г	Моча, мкг/л
Среднее	45,1	133,2	54,4
Ошибка среднего	2,9	41,0	6,4
Фон	2,72	0,29	1,5
Допустимый уровень	70	25	10

Таблица 25. Свинец в воздухе аккумуляторного завода и в крови рабочих [39]

Цех	Число обследуемых	Pb в воздухе, мкг/м^3		Pb в крови, мкг/100 мл	
		Среднее	Отклонение	Среднее	Отклонение
Машинное вмазывание пасты	6	218	25	74,2	4,7
Ручное вмазывание пасты	8	150	29	63,2	9,2
Формование	9	134	13	63,0	2,7
Пластмассовый цех	5	12	0,8	27,2	1,4
Пластмассовый цех	5	9	0,8	29,1	1,6
Допустимый уровень	-	-	-	40	-
Критический уровень	-	-	-	60	-

На одном из заводов на Ямайке) у 38% рабочих (производство аккумуляторов) и у 65% рабочих (ремонт аккумуляторов) концентрации Pb в крови превышали 60 мкг/100 мл (ПДК, принятая ВОЗ = 40 мкг/100 мл)-[283]. У рабочих с повышенным содержанием этого металла в крови фиксировались признаки свинцовой интоксикации (мышечная слабость, рассеянное внимание, боли в желудочно-кишечном тракте). При средней концентрации в крови Pb в 410-745 мкг/л у рабочих аккумуляторного производства было обнаружено прямое действие поллютанта на гонады: астеноспермия, олигоспермия, тератоспермия; снижение секреторной функции предстательной железы и семенных пузырьков. Поражение щитовидной железы проявлялось в нарушении накопления йода и снижении секреции тироксина. У рабочих со стажем фиксировалось снижение активности инсулярного аппарата поджелудочной железы и гипофизадреналовой системы, а также возрастание частоты случаев гипертонической болезни [33]. Показательно, что среди рабочих Подольского аккумуляторного завода смертность от сосудистых заболеваний в 3-4 раза выше, чем среди других жителей того же города (Известия, 25.05.1995).

Результаты эпидемиологических исследований показывают, что в России среди профессиональных интоксикаций свинцовая занимает пер-

вое место. Так, в 1994 г. среди всех острых и хронических профессиональных отравлений удельный вес свинцовой интоксикации достигал 11,71%. Общее количество пострадавших составило 7,5 на 10000 работающих, из них 3,54 с утратой трудоспособности. Удельный вес свинцовой интоксикации в структуре профессиональных отравлений, диагностированных в России, увеличился с 9,4 в 1991 до 11,6% в 1995 г. Среди пострадавших от воздействия Pb ~ 40% составляют женщины [59]. Ведущими по числу случаев сатурнизма являются: аккумуляторная промышленность, приборостроение, полиграфия, цветная металлургия.

Известно, что хроническая интоксикация (у взрослого человека) может наблюдаться при поступлении в организм 1 мг свинца в сутки. В США предельно допустимое содержание свинца в крови детей США составляет 10 мкг/100 мл; при превышении этого уровня могут фиксироваться признаки свинцового отравления [57]. Малые дозы Pb вызывают изменение нормального функционирования кроветворной системы, сенсорной и психомоторной функций [39]. Есть подозрения, что широко распространенные легкие повреждения головного мозга у детей раннего возраста, наступающие без предшествующей энцефалопатии, связаны с относительно низким воздействием этого металла. В настоящее время основным показателем влияния Pb на состояние здоровья населения, в первую очередь детей, является уровень его содержания в крови. В частности, установлено, что при увеличении концентрации Pb в крови ребенка с 10 до 20 мкг/100 мл происходит снижение коэффициента интеллекта [59]. В зонах влияния аккумуляторных заводов его содержания в крови детей могут превышать указанный уровень. Например, в районе завода по регенерации аккумуляторов содержания Pb в крови 22 детей (из 36 обследованных) достигали 15 мкг/100 мл и выше; на удалении в 2 км от завода такая концентрация была отмечена только у одного ребенка (из 83 обследованных)-[314]. Давно известно, что дети, родители которых работают на аккумуляторных заводах, отличаются повышенными содержания Pb в организме [256], что связано с переносом металла рабочими на одежде, обуви, открытых частях тела в жилые помещения и представляет достаточно серьезную проблему.

В России исследования по определению Pb и других металлов в крови детей в связи с воздействием аккумуляторной промышленности крайне немногочисленны. Тем не менее имеющиеся данные свидетельствуют о повышенных уровнях, например, Pb у детей, проживающих в окрестностях аккумуляторного завода в Санкт-Петербурге. Более многочисленны исследования по установлению содержаний металлов в других биосубстратах населения (прежде всего в волосах и в моче).

Так, высокие уровни металлов были обнаружены в биосубстратах детей, проживающих в зоне влияния КАЗ (табл. 26). У значительной части обследованных детей концентрации Pb в волосах превышали критический, а концентрации Cd - физиологический уровень. Влияние выбросов КАЗ на концентрирование металлов в организме людей прослеживалось на расстояние до 2 км. Очень интенсивно концентрировался Pb в волосах населения, проживающего вблизи Подольского аккумуляторного завода (табл. 27). Так, в зоне 0,5 км у 27% детей его содержания в волосах были выше допустимого уровня и еще у 65% выше критического уровня, т. е. только у 8% обследованных детей Pb находился в пределах физиологической нормы. Кадмий в организме людей накапливался в аномальных количествах лишь в непосредственной близости к заводу (табл. 28).

Таблица 26. Содержание тяжелых металлов в биосубстратах детей (5-7 лет) Южного промышленного района Курска [151]

Расстояние от КАЗ, км	Число проб		Свинец		Кадмий	
	мочи	волос	моча, мкг/л	волосы, мкг/г	моча, мкг/л	волосы, мкг/г
0,5	9	20	23,3	44,5	5,9	1,62
2	20	30	14,0	24,3	1,94	0,48
14	-	7	-	8,6	-	0,66
Контрольная группа	5	20	11,8	5,1	1,0	0,26

Примечание: в последние годы высказывается мнение о том, что уровень “озабоченности” для свинца в волосах составляет 3 мкг/г [59].

Таблица 27. Уровни содержания свинца в волосах населения, мкг/г [151]

Расстояние от завода	Дети	Взрослые
0,5 км	48,3	9,5
1,5 км	11,1	7,4
2,0 км	7,8	6,4
2,5-3,0 км	10,0	7,5
Фоновые территории	4,42	2,72
Допустимый уровень	8	-
Критический уровень	24	-

Таблица 28. Уровни содержания кадмия в биосубстратах населения [151]

Расстояние от аккумуляторного завода	Дети		Взрослые	
	Волосы, мкг/г	Моча, мкг/л	Волосы, мкг/г	Моча, мкг/л
0,5 км	1,56	5,9	0,44	6,2
1,5 км	0,32	-	0,28	-
2,0 км	0,32	1,94	0,30	-
2,5-3,0 км	0,36	-	0,32	-
Фоновые территории	0,24	1,21	0,29	1,50
Допустимый уровень	1,0			

Согласно официальным данным [59], в России отклонения психоневрологического статуса от возрастной нормы наиболее выражены у детей, проживающих вблизи аккумуляторных заводов в Санкт-Петербурге и Саратове. В Санкт-Петербурге у детей с повышенным содержанием Pb в крови (более 20 мкг/100 мл) выявлены некоторые функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, в частности, - снижение сократительной функции сердца, увеличение доли быстро мигрирующих фракций.

2.5. Краткие выводы

Производство аккумуляторов сопровождается значительной эмиссией в окружающую среду многих поллютантов. Крупный аккумуляторный завод может поставлять в атмосферу до нескольких сотен тонн различных поллютантов в год. Объемы отводимых сточных вод достигают 800-1000 тыс. $м^3$/год. Пыль, образующаяся в ходе технологических процессов, содержит очень высокие концентрации Sb, Ag, Bi, Pb, Cd, Sn, Ni, As и других элементов. В сточных водах производств присутствуют значительные количества взвешенных веществ, кислот, щелочей, Fe, Cd, Pb, Ni, Zn, Sb. Твердые отходы характеризуются присутствием Pb, Cd, Sb, Zn, Ni, полимеров и др.

Аккумуляторные заводы отличаются высоким загрязнением воздуха производственных помещений Pb, Cd, Ni, Sb, парами и аэрозолями серной кислоты, что обусловливает повышенный риск возникновения профессиональных отравлений и заболеваний. В России именно для этих заводов характерны наиболее высокие уровни Pb в воздухе рабочих помещений, в большинстве случаев многократно превышающие ПДК. У работников заводов фиксируются критическое накопление поллютантов в организме и различные нарушения здоровья. Использование средств индивидуальной защиты при существующих технологиях и организации труда не всегда приводят к желаемым результатам. Аккумуляторная промышленность России является ведущей по числу случаев возникновения сатурнизма, причем удельный вес свинцовой интоксикации в структуре профессиональных заболеваний постоянно увеличивается. Среди пострадавших от воздействия Pb ~ 40% составляют женщины. Смертность среди рабочих аккумуляторных заводов от сосудистых заболеваний в несколько раз выше, чем среди других жителей города.

В окрестностях заводов в различных компонентах среды обитания фиксируются повышенные содержания многих поллютантов. Зона влияния завода в условиях города прослеживается на расстояние до 2-5 км

(воздух, почва, снеговой покров) и до 20-25 км (поверхностные водотоки). Наиболее интенсивно окружающая среда загрязняется Pb, Ni, Cd, Sb, а также W, Mo, Ag, Zn, Cu, Be, Sn. Уровни содержания Pb, Ni, Cd в приземном слое атмосферного воздуха в окрестностях заводов стабильно превышают ПДК. В городах, где расположены аккумуляторные заводы, качество городской среды во многом определяется выбросами и стоками именно этих производств.

В биосубстратах населения и особенно детей, проживающих в зонах влияния аккумуляторных производств (до 2-3 км), установлены высокие уровни Pb, Cd, других металлов, содержания которых во многих случаях превышают физиологический и даже критический уровни. Эпидемиологические исследования, выполненные в России, показывают, что отклонения психоневрологического статуса от возрастной нормы наиболее выражены у детей, проживающих вблизи аккумуляторных заводов. У них фиксировались также функциональные изменения сердечно-сосудистой системы.

В настоящее время выбросы Pb в атмосферу и сбросы в водные системы аккумуляторными заводами России достигают нескольких десятков тонн в год. Сотни тысяч тонн металла находится в отработавших свой срок аккумуляторах и при существующем положении с их утилизацией эта величина должна ежегодно возрастать на 50-60 тыс. тонн. Технологическое перевооружение аккумуляторных заводов, сбор и переработка отходов и вышедших из строя аккумуляторов и аккумуляторных батарей являются одними из актуальных экологических проблем для нашей страны.

3. Кабельная промышленность

В настоящее время мировая кабельная промышленность производит более 1000 различных типов проводов и кабелей, которые находят широкое применение во многих отраслях хозяйства и в быту. Электрические провода используются при сооружении ЛЭП, изготовлении обмоток электрических трансформаторов, монтаже радиоаппаратуры, в устройствах связи и т. д. Силовые кабели и кабельные линии предназначены для передачи и распределения электрической энергии при напряжении промышленной частоты и при постоянном напряжении. Кабель дальней и местной связи применяется для передачи информации электрическими сигналами.

Основным преимуществом кабельных линий является их высокая надежность. Так, если для воздушных линий 110 кВ повреждаемость равна ~ 2 км/год, то для кабельных линий такого же напряжения с маслонаполненным кабелем низкого давления только 0,016 км/год [92]. Однако сооружение и эксплуатация кабельных линий электропередачи обходятся дороже воздушных, причем стоимость их резко возрастает с увеличением класса напряжения. Именно поэтому при передачи энергии на дальние расстояния предпочтение отдается воздушным линиям электропередачи. Тем не менее в этих случаях силовые кабели находят применение при пересечении водных пространств, для вывода мощности и схемных соединений на электростанциях и т. п. В России кабельные линии на напряжение 110, 220 и 500 кВ предназначены в основном для работы в системах энергоснабжения крупных городов, промышленных предприятий, для соединения электрооборудования на мощных электростанциях. Например, в системе Мосэнерго в эксплуатации находится более 1400 км кабеля на напряжение 110 кВ в однофазном исчислении и 309 км кабеля на напряжение 220 кВ.

Во всем мире наблюдается тенденция увеличения объема выпуска и использования силовых кабелей. В последние годы все большее развитие получает создание кабельных линий с пластмассовой изоляцией; очень перспективны кабельные линии высокого напряжения с принудительным охлаждением и кабельные линии постоянного напряжения, имеющие ряд преимуществ перед системами переменного напряжения. Актуальной является проблема увеличения пропускной способности и эффективности кабельных линий. Как известно, при передаче электрической энергии по проводам и кабелям часть мощности расходуется на тепловые потери в токопроводящих жилах. В современных высоковольтных передающих и распределительных устройствах тепловые потери составляют до 10% всей передаваемой мощности (по некоторым данным, на 100 км ЛЭП теряется в виде тепла от 1,5 до 6% электроэнергии, что превышает потери энергии при транспортировке каменного угля по железной дороге [125]). Это обусловливает необходимость применения различных схем искусственного охлаждения, разработки кабелей нетрадиционной конструкции - газовых, сверх- и криопроводящих, у которых потери на постоянном токе в токопроводящих жилах или минимальны, или практически равны нулю.

В России функционирует > 170 специализированных предприятий данного профиля. Крупные заводы по производству проводов и кабелей, на которых работает от 900-1000 до 4500-5000 и более человек, расположены в Арзамасе, Екатеринбурге, Иркутске, Кирсе, Москве, Перми, Про-

хладном, Подольске, Рыбинске, Самаре, Саранске, Томске, Уфе, Чебоксарах, Хабаровске. Имеются предприятия по выпуску проволок для кабельной промышленности. Кабельное производство и цеха по изготовлению проводов и электрошнуров входят в состав предприятий, выпускающих свето- и электрооборудование, средства автоматизации и др.

3.1. Характеристика изделий

Различают несколько разновидностей электрических проводов, которые могут быть изолированными или неизолированными, одножильными или многожильными [134;143;220]. Жила провода обычно изготавливается из медных или алюминиевых проволок, реже из стальных. Неизолированный электрический провод используют преимущественно на воздушных ЛЭП и в контактной сети электротранспорта. На ЛЭП применяют многопроволочные стальные, алюминиевые или сталеалюминиевые провода. Для особых условий выпускают медные и бронзовые провода круглого или фасонного сечения. Монтажный провод (с одно- и многопроволочной медными жилами) используют для монтажа электро- и радиоаппаратуры. Обмоточные провода (одножильные, реже многожильные) применяют для намоток катушек индуктивности, трансформаторов, обмоток электромашин. Их выпускают преимущественно с медными жилами, с эмалевой, эмалево-волокнистой, бумажной, хлопчатобумажной, пленочной и стекловолокнистой изоляцией. Установочный провод (с медными или алюминиевыми жилами и резиновой или поливинилхлоридной изоляцией) используют для монтажа электрооборудования, для проводки в помещениях. Электрический шнур имеет 2 или 3 жилы, скрученные из большого количества тонких медных проволок, и пластмассовую или резиновую изоляцию; применяют его в бытовых электро- и радиоприборах. Особой разновидностью электропроводов являются эмальпровода, представляющие собой проволоку круглого (диаметр до 2,5 мм) или прямоугольного (площадь до 30 мм^2) сечения, покрытую изоляцией в виде тонкой (до 70 мкм) пленки из эмалевого лака или смолы. Есть эмалевые микропровода малого диаметра (0,05 мм и менее; толщина изоляции до 4 мкм), используемые для изготовления обмоток электрических микромашин, катушек измерительных и регулирующих приборов и т. п.

Кабели любых типов имеют общие конструктивные элементы: токопроводящие жилы, изоляцию и оболочку [92;132;141;143;220]. Токопроводящие жилы кабелей изготавливаются из Al или Cu, реже из стали; они могут быть много- или однопроволочными. Изоляция кабеля выполняется из диэлектрика (поливинилхлорида, полиэтилена, резины и пр.),

отделяющего токопроводящие жилы друг от друга и от оболочки (из Pb, Al, резины), которая служит для фиксации изоляции и защиты от воздействия влаги и химических веществ. Для предохранения оболочек от механических повреждений на них часто накладывают защитные покровы, броню из стальных лент или проволок, поверх которых наносится антикоррозийное покрытие. Кабель связи по конструкции бывает симметричный, коаксиальный, волоконно-оптический.

Все силовые кабели по номинальному рабочему напряжению условно разделяют на три группы: а) низкого напряжения (для работы в электросетях переменного напряжения 1, 3, 6, 10, 20 и 35 кВ частотой 50 Гц); б) высокого напряжения (для работы в сетях переменного напряжения 110, 220, 330, 380, 500, 750 кВ и выше); в) постоянного напряжения (от +110 до +400 кВ и выше). Кабели низкого напряжения могут быть одно-, двух-, трех- и четырех жильные с бумажной, пластмассовой или резиновой изоляцией. В нашей стране основная масса кабелей высокого напряжения выпускается с пропитанной маслоканифольным составом бумажной изоляцией (маслонаполненные кабели). За рубежом широкое распространение получили газонаполненные кабели, в которых используется газ как в виде изолирующей среды, так и для создания избыточного давления в изоляции. В настоящее время 85% силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией и пластмассовой изоляцией на напряжение 1 кВ и выше изготовляются с алюминиевыми токопроводящими жилами. В России кабели выпускаются в алюминиевой (чаще) и свинцовой (реже) оболочках. Свинцовые оболочки для увеличения вибростойкости содержат Sb, Te и другие компоненты. Известны кабели с отдельно освинцованными медными или алюминиевыми жилами с экранами из полупроводящей бумаги, алюминиевой или медной фольги.

Наиболее перспективной и все более широко используемой является пластмассовая изоляция. В последние годы, например, появились силовые кабели с пластмассовой изоляцией на напряжение 1-35 кВ и более. Обычно поверх электропроводящего экрана по изоляции накладывается экран из медной ленты, в свою очередь скрепляемый обмоткой из лавсановой нити, на которую затем продольно накладывается полиэтилентерефталатная лента. Наружная оболочка может быть выполнена из полиэтилена, самозатухающего полиэтилена или поливинилхлоридного пластиката (ПВХ-пластиката). Пластмассовая изоляция накладывается на токопроводящие жилы либо методом обмотки лентами, либо методов выдавливания (экструзии) на червячных прессах. Основными материалами, применяемыми вместо пропитанной маслом бумажной изоляции, являются полиэтилен и его разновидности (наиболее перспективны), ПВХ-

пластикат (широко распространен), ПВХ-смола, этиленпропиленовая резина, полиамид, полиэтиленвинилацетат, полипропилен, пластифицированный полиуретан, полиэтиленвинилацетат с наполнением гидроксидом алюминия, фторопласты, полиэтилентерефталатная пленка и др. Для увеличения стойкости различных полимеров в них вводят специальные наполнители, антипирены, фосфатные пластификаторы. Особенно часто для этих целей используют смесь хлорированного парафина и триоксида Sb. Для предохранения кабелей от растягивающих усилий могут применять броню из стальных оцинкованных проволок.

Кабели с резиновой изоляцией являются удобными, но уступают по электрическим параметрам кабелям с пропитанной бумажной или пластмассовой изоляцией. Наиболее перспективными для кабелей высокого напряжения служат резины на основе бутилкаучука, этиленпропиленового и хлоропренового каучука. Основную массу выпускаемых в нашей стране силовых кабелей с резиновой изоляцией составляют низковольтные кабели. Они имеют медные или алюминиевые жилы; их изоляция выполняется из резины; поверх изолированных жил накладывается оболочка из Pb, ПВХ или шланговой резины. При необходимости применяют различные упрочняющие и защитные покровы.

Увеличение электрической прочности бумажной изоляции осуществляется путем создания так называемых маслонаполненных и газонаполненных кабелей. В России выпускается два типа маслонаполненных кабелей высокого напряжения: низкого давления и высокого давления. В качестве экранирующих материалов в них используют полупроводящую (сажевую) бумагу, металлизированную бумагу, медную или алюминиевую фольгу. Изоляция маслонаполненых кабелей состоит из лент кабельной бумаги, пропитанных дегазированными минеральными или синтетическими маслами, чаще всего маловязким нефтяным изоляционным маслом (в состав кабельных масел совсем недавно входили токсичные полихлорированные бифенилы). Обычно масло для пропитки изоляции маслонаполненных кабелей поступает на заводы в готовом виде, где проходит специальную подготовку (очистку и т. п.). Для кабелей низкого давления синтезированы маловязкие пропиточные составы на основе додецилбензолов, алкилбензолов и т. п. Известны технические решения по замене традиционной кабельной бумаги из сульфатной целлюлозы, пропитанной изоляционными маслами, бумагой на основе поликарбоната, слоистой бумагой, синтетическими материалами. Для защиты от увлажнения поверх изоляции накладывается алюминиевая или свинцовая оболочка. Защитные покровы кабелей в свинцовой оболочке состоят из чередующихся слоев битума, лент ПВХ-пластиката, лент кабельной бумаги,

кабельной пряжи и мелового покрытия. Иногда для механической защиты на кабель накладываются стальные проволоки. Большое распространение получили маслонаполненные кабели высокого давления в стальных трубопроводах, заполненных кабельными маслами. Газонаполненные кабели в России практически не применяются. Считается, что у таких кабелей большое будущее.

Для повышения гибкости жилы силовых кабелей обычно скручиваются из круглых проволок диаметром 2-4 мм. Количество их выбирается в зависимости от класса жилы. В последние годы все большее использование находят однопроволочные круглые и фасонные жилы, применение которых снижает трудоемкость их изготовления на кабельных заводах. Проволоки для медных жил маслонаполненных кабелей низкого давления для обеспечения большей чистоты поверхности лудятся. Скрутка жил силовых кабелей производится на крутильных машинах (клетьевых, дисковых и жесткорамных, сигарного типа). Для изолирования жил применяется обмотка бумажными лентами, осуществляемая в основном на горизонтальных изолировочных машинах головочного типа.

Для изоляции силовых кабелей или наложения кабельных оболочек полиэтилен и ПВХ-пластикат накладываются на медные и алюминиевые жилы или на заготовку кабеля на так называемых экструзионных линиях (обычно при температурах 100-120^{o}C и более). При изготовлении кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена применяется оборудование, позволяющее совместить процессы наложения изоляции из сшиваемого полиэтилена, его вулканизации, охлаждения и непрерывного испытания изоляции (кабельные линии непрерывной вулканизации).

В настоящее время в качестве материала кабельной оболочки в основном используются Al и Pb, известны случаи применения стали и Cu. Свинцовая оболочка содержит Cu (0,03-0,05%), Sn и Sb (по 0,15-0,3%), другие элементы, в том числе Cd и As. В отечественной промышленности широко применяется свинцовый сплав, содержащий Sb (0,15-0,30%) и Sn (0,35-0,50%). Наилучшими характеристиками обладает свинцовый сплав, включающий Sn (0,15-0,22%), Cu (0,024-0,03%), Te (0,019-0,026%). Известно несколько способов наложения алюминиевых оболочек, но наиболее широкое распространение получило прессование на червячных прессах непрерывного действия (температура пресса может достигать 425^{o}C). Для увеличения гибкости алюминиевые, стальные и медные оболочки часто гофрируются.

Для предупреждения коррозии металлических кабельных оболочек и для их механической защиты, а также для защиты пластмассовых оболочек кабели имеют наружные антикоррозионные покровы (включающие

следующие элементы - подушку, броню и наружный покров), представляющие собой чередующиеся слои битумного состава, бумажных или пластмассовых лент, металлической брони и т. п. Элементами защитных покровов могут быть также выпрессованные полиэтиленовые или ПВХ-шланги. В качестве материалов подушки используется битумный состав, крепированная бумага, пропитанная кабельная пряжа, стеклянная пряжа из штапелированного волокна, полиэтилентерефталатная лента и др. Для изготовления брони применяют сталь или стальные оцинкованные проволоки. Наружный покров может состоять из битума, пропитанной кабельной пряжи или стеклянной пряжи из штапелированного волокна, негорючих материалов, полиэтиленовых или ПВХ-шлангов и др.

Жилы криопроводящих кабелей изготавливают из металлов, обладающих минимальным сопротивлением при криогенных температурах. Особенно эффективно использование Be, но из-за его высокой стоимости (и токсичности) основными криопроводниками в настоящее время попрежнему остаются Cu и Al. Как сверхпроводники перспективны V и его соединения с Sn, а также различные соединения Nb с Ga, Ge, Al. В качестве изоляции для крио- и сверхпроводящих кабелей может применяться либо жидкий хладагент, либо слоистая изоляция, пропитанная последним.

Для эксплуатации проводов и кабелей используют так называемую кабельную арматуру (муфты кабельных линий, вводы в трансформатор, подпитывающую аппаратуру и т. п.). Для изготовления муфт или отдельных их элементов используют эпоксидный компаунд, состоящий из эпоксидной смолы и пластификатора (полиэфиры, совол, стирол и т. п.). Перед употреблением к компаунду добавляют наполнитель (кварцевый песок) и отвердитель (полиэтиленполтамин или диэтилентриамин). Для арматуры кабелей с пластмассовой изоляцией используют компаунды на основе полиэтилена, этиленпропилена и др. Соединительные муфты маслонаполненных кабелей низкого давления имеют латунные корпуса; для кабелей в стальном трубопроводе с маслом под давлением кожух муфты изготавливают из стали. Среди концевых муфт распространены конструкции, включающие фарфоровый изолятор и корпус муфты, пространство между которыми заполнено полиметилсилоксановой жидкостью.

3.2. Общая оценка воздействия кабельного производства на окружающую среду

В кабельном производстве используются десятки и сотни тонн разнообразного сырья, материалов и веществ: катанка медная, прокат латунный и алюминиевый, фольга алюминиевая, синтетические смолы и пла-

стикаты (пропилен, полиэтилен, ПВХ и др.), кабельные масла, свинцовые сплавы (с добавками Cu, Sb, Te, Sn, Cd, As), сталь (содержащая различные примеси), каучуки, кислоты, растворители, лаки и др. Например, Саранский кабельный завод, специализирующийся на выпуске кабельной продукции широкого ассортимента (кабели силовые, контрольные, сигнально-блокировочные, осветительные, бронированные, связи, провода монтажные, осветительные, установочные, неизолированные, телефонные, шланговые, шнуры бытового назначения) и изделий из полиэтилена и ПВХ-пластиката, использует в технологических процессах полиэтилен, ПВХ-пластикат, Pb, Sn, Al, соединения Zn, припой Sn-Pb, винилхлорид, серную, азотную, уксусную кислоты, ацетон, толуол, этилацетат, триэтаноламин, спирты, бутилацетат, фенол, формальдегид, канифоль, битум и др. В выбросах завода содержатся Cu, Pb, Al, хлорводород, хлорвинил, оксид углерода, углеводороды, органические растворители, бенз-а-пирен, пыль полиэтиленовая и ПВХ-пластиката и др. В сточных водах в повышенных количествах присутствуют Fe, Pb, Cu, Zn, нефтепродукты, органические соединения и др. Завод “Уфимкабель” (940 рабочих) ежегодно использует > 1 т Sn, > 1400 т рафинированной Cu, ~ 4 т алюминиевого проката, ~ 30 т алюминиевой фольги, ~ 50 т стальной проволоки, 717 т синтетических смол, 43,7 т проката черных металлов, ~ 9 т химических волокон и нитей; на заводе “Кавказкабель” (>1600 рабочих) потребление пластикатов достигает 1671 т, рафинированной Cu ~ 2300 т ; на заводе “Чувашкабель” (1000 рабочих) потребление медной катанки составляет 3000 т, алюминиевой катанки 120 т; “Рыбинсккабель” (3000 рабочих) использует до 20000 т медной катанки, 470 т лаков, 1300 т пластикатов, 450 т полиэтилена, 244 т каучуков [19].

Специфика производства кабелей, проводов и эмальпроводов проявляется в том, что в атмосферный воздух поступают токсичные органические соединения (диметилформамид, ксилол, фенол, крезолы, ксиленолы и др.). Например, Подольский кабельный завод в середине 1980-х гг. выбрасывал в атмосферу углеводороды, хлорбензол и другую органику в количестве до 1000 т/год [169]. В производстве оптических кабелей применяют оптическое волокно, поликарбонат, полиэтилен, ПВХ, стальную ленту и проволоку, стеклопластик. В выбросах и отходах кабельного производства содержатся веществ, обладающие канцерогенным действием (винилхлорид, бенз-а-пирен, асбест, Cd и его соединения, формальдегид, минеральные масла, ПХБ).

Еще в 1960-70 гг. мировое потребление Pb в кабельном производстве достигало 10-11% от общего его использования (сотни тысяч тонн ежегодно). В настоящее время потребление Pb и его сплавов в кабельной

промышленности постоянно снижается; производство кабелей с позиций воздействия этого поллютанта на человека оценивается как средняя степень опасности [59], но в отношении воздействия на профессиональных рабочих оно может быть оценено как относительно опасное. Загрязнение производственной среды может быть связано с деятельностью сопутствующих цехов. Например, насосно-аккумуляторные станции, имеющиеся на кабельных заводах, являются источниками загрязнения Hg. В гидробаллонах некоторых моделей насосов содержится до 50 кг Hg. Известен случай, когда на кабельном заводе в г.Перми при чистке ртутных коробок произошел выброс Hg, что обусловило загрязнение воздуха цеха парами металла до концентраций в 20-30 ПДК (Труд, 13.02.1987).

С эколого-геохимических позиций воздействие кабельных заводов на окружающую среду изучено очень слабо. Имеющиеся в литературе данные разрозненны и единичны.

В районе Московского кабельного завода (2500 рабочих, основан в 1911 г., производит широкий ассортимент кабельной продукции, разнообразные провода, изделия из медного проката) в почвах фиксировались высокие содержания Cu, Zn, Pb, Sn, Ni и Cd, т. е. элементов, типичных для технологических процессов данного производства [24]. Ведущим элементом геохимической ассоциации закономерно являлась Cu, концентрации которой достигали 5000 мг/кг (в 160 раз выше фона). Около завода в приземном слое атмосферного воздуха отмечались высокие концентрации органических веществ. Вблизи завода “Микропровод” (г.Кишинев) в почвах наиболее интенсивно концентрировались Cu (Кс=7), Zn (4), Sn (3), Pb (3), Ni (2)-[112]. По данным [53], основными источниками загрязнения окружающей среды в Томске являются выбросы заводов “Сибкабель” (> 2500 рабочих; производит силовые и контрольные кабели, установочные провода, электрошнуры), “Эмальпровод” и “Сибэлектромотор”, в которых присутствуют Pb, Cr, цианистые соединения, бенз-а-пирен. Интенсивность выпадения Pb из атмосферы на подстилающую поверхность в городе составляла в среднем 10,9 мг/м^2/год (в пригородных районах - от 0,2 до 2,4 мг/м^2/год). В районе Подольского кабельного завода (г.Подольск Московской области) отмечено загрязнение городской среды диоксинами, причем поступление их со снегом составляло (зима 1995-1996 гг.) 0,02-0,26 нг/м^2 [53].

Исследования автора этих строк, выполненные на кабельном заводе (г.Саранск), показали, что в почвах вблизи предприятия наиболее интенсивно концентрировались Pb (Кс=9), Bi (8), Cu (7), Sn(5), Mo (4), P (3), Sr (3), а также Zn, V, Cr (2). В листья березы, отобранных на территории завода, обнаружены высокие содержания Cu (Кс=5), Cd (4), Zn (3), Pb (3).

Как видим, воздействие данного завода проявляется в повышенной поставке элементов, характерных для зон влияния кабельных производств в Москве, Кишиневе, Томске. Исключение составляют Bi и Mo, более интенсивно концентрирующиеся в почвах около саранского завода, что может быть связано со спецификой производственных процессов. Действительно, исследование химического состава пылей из вентиляционных систем и из цехов завода показало, что пыли заметно обогащены этими элементами (табл. 29). Очень показательно, что в них наиболее интенсивно концентрируются металлы, широко используемые в кабельном производстве (Cu, Sn, Pb, Sb, Cd, Zn). Абсолютные концентрации Cu в пылях достигают 4000-6000 мг/кг, Zn 2000-3600г, Sn 500-4600, Pb 2000-3300, Sb 35-200 мг/кг. Обращают на себя внимание высокие уровни W, Hg и Ag. Характерно присутствие повышенных содержаний Ba (термостабилизатор в ПВХ). Следует отметить, что пылевые выбросы кабельных заводов в атмосферу относительно невелики. Тем не менее производственные помещения и окрестности заводов отличаются повышенными содержаниями в воздухе многих токсичных элементов. Контрастные аномалии металлов фиксируются в почвах и растениях.

Таблица 29. Ассоциации химических элементов в пылях кабельного завода

Пыль из	Кс относительно фона в почвах					
	> 300	100-300	30-100	10-30	3-10	1,5-3
Вентсистем	Cu-Sn	Pb-Sb-Cd	Zn	Ag-Bi-W	Mo-Hg-Cr-Ni	Ba
Рабочих помещений		Cu-W-Pb-Sn	Sb	Bi-Zn-Ag	Mo-Hg	Co-Cr-Ba

Обычно на кабельных заводах используется оборотная и прямоточная система водоснабжения, состоящая из трех сетей: хозяйственно-питьевой, производственно-свежей и оборотной воды [192]. Для отвода стоков применяют три канализационные сети: производственных и бытовых сточных вод и ливневого стока. Производственные стоки после очистки на станциях нейтрализации, как правило, сбрасываются в городскую канализацию. Сточные воды отличаются высокими концентрациями Cu, Pb, Cr, Fe, цианидов, взвешенных веществ (табл. 30).

В современных городских инженерных коммуникациях объем и концентрация электрических кабелей постоянно возрастают, что, в частности, приводит к увеличению риска пожара [47]. Например, в США ежегодный ущерб от пожаров, вызываемых загоранием кабелей, оценивается в 6 млрд. долл. Кроме прочих негативных моментов, особое значение имеют коррозионная активность и токсичность продуктов газовыделения при горения кабелей. Кабельные материалы при температуре ~ 300^{o}C вы-

деляют токсичные продукты, которые негативно воздействуют на человека и выводят из строя различное оборудование [92]. Коррозионная активность и токсичность продуктов горения во многом определяются составом изоляционных материалов и обусловлены образованием хлористого водорода (при контакте с водой образует соляную кислоту), бромистого водорода, цианистого водорода, сероводорода, диоксида серы, соединений азота, оксида и диоксида углерода и др.

Таблица 30. Типичный состав сточных вод кабельных заводов , мг/л [192]

Показатель	До очистки	После очистки
Взвешенные вещества	до 4000	20
Эфирорастворимые	до 300	1-5
pH	3-7	8,5
Сухой остаток	300-1200	-
Сульфаты	до 200	-
Хлориды	до 70	-
Медь	до 60	0,001
Свинец	до 3	до 0,1
Железо	до 1	0,5
Хром	до 1,5	до 0,6
Цинк	до 1,5	до 0,01
Цианиды	до 0,05	Отсутствуют
БПК ($мгO_2/л$)	до 150	до 15

3.3. Эколого-гигиенические аспекты использования изоляционных материалов

Использование в качестве изоляции кабелей и проводов синтетически покрытий (резина, поливинилхлорид, полиэтилен, фторопласты, смолы, лаки, эмали, краски, мастики и др.) может создавать серьезные эколого-гигиенические проблемы как при производстве кабельной продукции, так и при использовании и утилизации указанных изделий или изделий, содержащих кабели и провода.

В кабельном производстве, как отмечалось выше, широко используются изоляционные (нефтяные и синтетические - кремний-, фтор- и хлорорганические и др.) масла, применяемые в качестве пропиточной и изолирующей среды в маслонаполненных кабелях. Благодаря их применению уменьшаются размеры и металлоемкость аппаратуры и силовых кабелей, снижаются диэлектрические потери. С целью повышения устойчивости к электрическому пробою и увеличения срока смены масел (до 10 и более лет) в них вводят различные присадки (0,2-0,5%). Мировое производство изоляционных (кабельных, трансформаторных, конденса-

торных) масел превышает 21 млн. т в год, в том числе синтетического масла 50 тыс. т в год (1987 г.)-[207]. В недавнем прошлом основу некоторых синтетических масел составляли полихлорированные бифенилы и родственные им соединения (эколого-гигиеническая значимость которых будет рассмотрена в специальном разделе). При изготовлении электрошнуров применяются различные полиэфиры на основе азелаиновой кислоты и этиленгликоля, а в производстве некоторых пластификаторов для изоляционных материалов используется нафталин - представитель углеводородов с конденсированными кольцами. При его деградации в условиях окружающей среды могут появляться бензофуран и подобные ему соединения [34] Нафталин оказывает негативное действие на теплокровных животных - поражает нервную систему, желудочно-кишечный тракт, почки, вызывает помутнение хрусталика у животных и человека, накопление аммиака в головном мозге (с последним и связывается нарушение функции ЦНС). Обычно технический нафталин токсичнее чистого из-за примесей фенолов, тионафтенов и ряда других соединений.

В последние годы в кабельной промышленности в качестве электроизоляционных материалов стали использоваться фторопласты. Известно, что при их нагревании до высоких температур воздух производственных помещений загрязняется мономером и высокотоксичными продуктами пиролитического расщепления (дифторфосген, фторхлорфосген, фтористый водород и др.). При вдыхании дисперсной пыли у рабочих может развиваться так называемая полимерная лихорадка, причем которой являются как аэрозоль фторопласта, так и газообразные продукты его термоокислительной деструкции [185], в том числе различные фторпроизводные алканов и алкенов. Они способны вызывать наркоз и судороги, поражать нервную систему, приводить к развитию поражений легких; некоторые из них являются капиллярными ядами. После повторных и длительных воздействий у рабочих могут регистрироваться изменения в печени [34]. Продукты деструкции фторопласта при нагревании свыше 400^{o}С могут вызывать даже отек легких. Возможно также хроническое действие, при котором отмечаются головные боли, нарушение сна, функциональные расстройства нервной системы.

Широко используемым в кабельной промышленности изоляционным материалом является термопластичный полимер поливинилхлорид (ПВХ, вестолит, хосталит, винол, корвик, сольвик, сикрон и пр.)-[88;212]. Получают его полимеризацией винилхлорида. ПВХ и сополимеры винилхлорида составляют ~ 75% рынка полимеров (а с эфирными пластификаторами - до 90)%. Мировое производство ПВХ составляет > 12 млн. т. В различных странах от 13 до 25% всего объема ПВХ используется в ка-

бельной промышленности. ПВХ перерабатывают как в жесткие (винипласт), так и в мягкие, или пластифицированные (пластикат), материалы и изделия.

Пластикат используется для изготовления изоляции и оболочек для электропроводов и кабелей. Он выпускается в виде гранул, лент, листов, пленок (полимерные пленки). ПВХ содержит: 1) различные термостабилизаторы - акцепторы HCl (соединения Pb, Sn, Ba, Cd и соли щелочноземельных металлов), а также иногда эпоксидиановые смолы, амины, органические фосфиты; антиоксиданты фенольного типа; светостабилизаторы (производные бензотриазолов, кумаринов, бензофенонов, салициловой кислоты, сажа, оксид титана и др.); 2) смазки (парафины, воски и пр.); 3) пигменты или красители; 4) минеральные наполнители; 5) эластомер (различные сополимеры). В пластикатах, кроме того, присутствуют пластификаторы (эфиры фталевой, фосфорной, себациновой или адипиновой кислот, хлорированные парафины). Используемый в качестве сырья для производства ПВХ винилхлорид (хлорвинил, мнохлорэтилен) содержит примеси ацетилена, ацетальдегида, дихлорэтана, хлорпрена и др. (не более тысячных долей процента), HCl, Fe (десятитысячные). Содержание, например, стеарата Pb в смеси ПВХ достигает 1-3%.

В процессе производства и использования кабельной продукции пластификаторы могут мигрировать из ПВХ на их поверхность, увлекая за собой и другие ингредиенты композиции (например, стабилизаторы). Во время переработки ПВХ-пластиката на кабельных заводах при повышенных температурах (140-200^{o}C), при сжигании и пожарах происходит окисление пластификаторов. В присутствие кислых эфиров и кислот последние разлагаются с образованием карбоновых кислот, олефинов и спиртов. Источником кислых реагентов может быть непосредственно полимер и выделяющийся в процессе нагревания хлорводород. Кислоты образуются также в ходе гидролиза сложных эфиров. Особое значение имеет эмиссия сложных эфиров фталевой кислоты (фталатов) и эфиров фосфорной кислоты. Окисление фталатов приводит к образованию летучих веществ, мигрирующих из полимера, что в свою очередь повышает выделение пластификаторов и других соединений из композиции. Многие пластификаторы токсичны; есть подозрения на их канцерогенность и мутагенность. Сжигание ПВХ обусловливает образование диоксинов, хлорводорода, выделение тяжелых металлов, органических соединений.

В воздух производственных помещений, где используется ПВХ, поступает значительное количество пыли этого пластика [185]. При переработке ПВХ воздушная среда загрязняется также хлорвинилом, эфирами фосфорной и фталевой кислот и др. Парогазовоздушные смеси, обра-

зующиеся в результате термоокислительной деструкции ПВХ, могут быть причиной острых и хронических профотравлений, а контакт с пылью способен привести к формированию патологических изменений в бронхолегочном аппарате. Как правило, явные формы пневмокониоза от пыли ПВХ развиваются у рабочих при стаже работы 10 и более лет. Описаны изменения в костях, известны случаи возникновения полиневритов, часто наблюдаются дерматиты, экземы и другие аллергозы. Можно предположить, что комбинированное действие пыли и различных токсикантов повышает вероятность появления этих изменений. Используемый для производства ПВХ винилхлорид обладает выраженной острой и подострой токсичностью, угнетает нервную систему, вызывает застой и отек легких, гиперемию печени и почек. В опытах на животных установлена его мутагенность, тератогенность и канцерогенность. Международное агентство по изучению рака считает данные относительно винилхлорида достаточными для подтверждения причинной связи между воздействием и раком [162]. В России это соединение включено в список веществ с доказанной для человека канцерогенностью [130]. Многочисленные данные свидетельствуют о возможности миграции винилхлорида из ПВХ-материалов даже в условиях окружающей среды. Например, в воздухе салонов новых автомобилей винилхлорид обнаруживается в концентрациях 1-3 мг/м^3. Естественно, что при производстве и использовании кабельной продукции он будет выделяться в производственную и окружающую среду.

В качестве пластификатора в ПВХ и в некоторых электроизоляционных материалах используется гексахлорбензол. Это вещество способно раздражать слизистые оболочки и оказывать наркотическое действие. Гексахлорбензол весьма устойчив в условиях окружающей среды и накапливается в пищевой цепи, особенно в жировых тканях человека. Длительное воздействие вызывает заболевания печени и половых органов; возможно, что он обладает тератогенным действием и является канцерогеном. Есть сведения, что даже термическое разложение полиэтилена (в присутствии источника хлора, даже неорганических солей, таких как поваренная соль) сопровождается образованием галогенводородов, например, хлорированных изомеры бензола (от монохлор- до гексахлорбензола)-[219]. Сжигание оболочек проводов и кабелей может сопровождаться эмиссией в атмосферу этих токсичных соединений.

Используемые в кабельной промышленности (как и в других отраслях электротехнической промышленности) различные смолы, пластмассы, канифоли, лаки, эмали и т. п. в определенных условиях могут быть опасны для живых организмов, поскольку содержат токсичные соединения. Например, при применении эпоксидных смол воздух рабочих поме-

щений загрязняется исходными продуктами и другими ингредиентами, использованными для получении смолы. Они обладают раздражающими, общетоксическими, сенсибилизирующими свойствами; способны вызывать аллергии. В состав полимерных компаундов, применяемых для заливки и пропитки отдельных элементов и блоков электроаппаратуры с целью электрической изоляции, защиты от внешней среды и механических воздействий, входят полимерные смолы, жидкий кремнийорганический каучук, пластификатор, отвердитель, наполнитель, краситель. Широко распространены компаунды на основе эпоксидных смол; применяются также битумные компаунды. Использование битумов может сопровождаться эмиссией бенз-а-пирена, а различных смол и пластмасс-формальдегида, являющихся опасными поллютантами и обладающих широким спектром негативного воздействия на живые организмы (оба соединения относятся к канцерогенам). В кремнийорганических лаках, применяемые для получения электроизоляционных покрытий (эмали, шпатлевки, грунтовки и пр.) и как материалы для пропитки кабелей, присутствуют пигменты (Al, Fe, Cd, Co, Cr) и наполнители (асбест, слюда, тальк, барит). В некоторых эмалях, грунтовках и шпатлевках пигментами служат TiO_2, цинковые белила. Многие из названных веществ обладают выраженной токсичностью для человека.

Среди поллютантов, способных выделяться из используемых в кабельной промышленности полимеров, особое место принадлежит сложным эфирам фталевой кислоты (фталатам) и эфирам фосфорной кислоты. Степень токсичности и агрегатное состояние эфиров фосфорной кислоты зависит от органического остатка; 80% из них вызывают расстройство ЦНС с более или менее интенсивными симптомами паралича [125]. Как пластификаторы ПВХ эти соединения (трикрезилфосфит) многократно служили причиной массового токсикоза, Например, использование зараженного ими растительного масла в Марокко вызвало > 10000 случаев отравления людей.

Сложные эфиры орто-фталевой кислоты (фталаты) добавляются в ПВХ в качестве пластификатора (до 40% по массе), а также в другие пластмассы, но в меньшем объеме [219]. Фталаты составляют > 80% от выпускаемых в мире пластификаторов. Эмиссия их в среду обитания происходит при производстве и использовании этих соединений, а также при производстве, переработке и использовании ПВХ и изделий из него. Еще в 1973 г. в Канаде была сделана попытка рассчитать эмиссию этих соединений в окружающую среду [219]. Общее количество фталатов, произведенное в то время в стране, оценивалось в 27900 т; 7700 т было импортировано. Из всего количества (35600 т) 98,4% было использовано в качест-

ве пластификаторов, из которых 13,2% - в кабельной промышленности (4,7 тыс. т). Эмиссия эфиров фталевой кислоты для Канады оценена в 4639,4-5524,4 т или 13,3-15,5% общего количества использованных фталатов. Наибольшая эмиссия их наблюдалась при производстве пластикатов (578-1145 т), при сжигании мусора (137,1 т). При изготовлении изоляции проводов ежегодно терялось 5-9 т эфиров фталевой кислоты.

Фталаты принято делить на фталаты низких спиртов, к числу которых относится дибутилфталат (ДБФ), и фталаты высших спиртов, в состав которых входит диоктилфталат, или ди-2-этилгексилфталат (ДЭГФ). К настоящему времени достаточно детально изучено распределение в окружающей среде именно этих наиболее распространенных представителей фталатов. ДБФ и ДЭГФ представляют собой бесцветные прозрачные, однородные жидкости без механических примесей со слабым специфическим запахом.

Фталаты присутствуют в воздухе городов, причем даже вдали от промышленных зон [219]. В близи мусоросжигательных печей в Канаде их концентрации составляли 700 нг/м^3 (ДБФ) и 300 нг/м^3 (ДЭГФ). В атмосферном воздухе (Нью-Йорк) содержания ДБФ достигали (в 1977 г.) 4-6 мкг/м^3, ДЭГФ - 10-17 мкг/м^3. В районе предприятия по переработке пластмасс содержания фталатов были экстремально высокими (до 10 мг/м^3). В воздухе рабочих помещений по производству искусственных кож они могут достигать 1-5 мг/м^3; в сточных водах производства ДБФ - 1000 мг/л [189]. В окрестностях заводов по производству искусственных кож концентрации фталатов в воздухе составляли > 0,05 мг/м^3, причем зона влияния прослеживалась до 2 км. Фталаты обнаружены в воздухе над Мексиканским заливом (0,4 нг/м^3 ДЭГФ), что свидетельствует о дальнем переносе этого соединения, несмотря на очень низкое давление его пара. Уровни содержания ДБФ и ДЭГФ в дождевой воде над северной частью Тихого океана соответственно были 31 и 55 нг/л. По данным для Швеции, влажное и сухое осаждение на почву составляет для ДБФ 202 мкг/м^2/год, а для ДЭГФ - 285 мкг/м^2/год, что соответствует ежегодному осаждению на территорию страны 90 т ДБФ и 130 т ДЭГФ (1990 г.). Фталаты фиксируются практически во всех пробах внутренних и морских вод [219]. Характерно, что их концентрации были выше, чем концентрации обнаруженных вместе с ними ПХБ и ДДТ. В морской воде (Мексиканский залив, открытое море) концентрации ДЭГФ составили 0,08 ppb, а у побережья - 0,13 ppb, тогда как в воде некоторых озер шт. Онтарио они достигали 300 ppb. Донные отложения Мексиканского залива содержали до 2 ppb; р.Рейн - 7-71 ppm ДЭГФ. В Японии в речном иле в 1979 г. обнаружено 300-600 ppb ДБФ и 80-1360 ppb ДЭГФ. В осадках сточных вод,

как правило, аккумулируются менее растворимые фталаты; где их концентрации варьируются в пределах 0,42-58000 ppm сухой массы. Фталаты обнаружены в питьевой воде, в почвах, пищевых продуктах. В почвах они связываются преимущественно с фульвокислотами. Хлеб, яйца, мука, мясо загрязняются мало. Молоко и сыр отличаются более высокими концентрациями ДБФ и ДЭГФ (5-35 ppm относительно количества жира). Концентрации этих соединений в рыбе из загрязненных вод могут приближаться к 0,3 мг/кг.

Эти соединения относительно устойчивы к микробиологической и фотоокислительной минерализации [200]. Обычно в природных условиях они с большим трудом поддаются разложению. Считается, что к настоящему времени миллионы тонн фталатов, произведенных в мире, все еще находятся в среде обитания в своем первоначальном виде [125]. Однако они аккумулируются в гидробионтах, причем степень концентрирования зависит от вида организма. У теплокровных животных фталаты накапливаются преимущественно в печени и легких. Тем не менее в целом фталаты обладают умеренно выраженной биоаккумуляцией.

Токсикологические исследования характеризуют фталаты (при однократном поступлении в организм) как вещества с относительно низкой острой токсичностью. Токсичность их уменьшается с увеличением числа углеродных атомов в спиртовом радикале. Снижение летучести уменьшает опасность острого отравления фталатами. Некоторые их виды в больших дозах при воздействии в течение длительного времени проявляли по отношению к грызунам мутагенное, канцерогенное и тератогенное действие. Н.В.Лазарев (1974) относил ДБФ к веществам, способных вызывать функциональные и органические изменения в центральной и периферической нервной системе. До настоящего времени у человека лишь в немногих случаях наблюдались острые и хронические отравления, вызванные фталатами (главным образом, в производственных условиях).

В производственных условиях при высоких содержаниях в воздухе (выше ПДК) фталаты способны концентрироваться в крови рабочих. Высокие разовые дозы вызывают диарею, рвоту, чувство слабости, сыпь, нервные воспаления. В условиях хронического воздействия установлены воспалительные процессы и повышенная чувствительность слизистых оболочек. При нанесении на кожу наблюдалось незначительное раздражение и даже ожоги кожи. Некоторые из фталатов являются аллергенами [185]. Опасным считается совместное действие фталатов, ПВХ-смолы, соединений Pb, хлорводорода и оксида углерода. В большинстве случаев у рабочих, имеющих контакт с ПВХ-материалами и их компонентами (фталатами, хлорвинилом и др.) отмечались различные отклонения в со-

стоянии здоровья. Так, в производстве кабельного пластиката при длительном (7-8 лет) контакте с фталатными пластификаторами у рабочих развивалась хроническая интоксикация в виде сенсорного полиневрита с явлениями астенизации, сосудистыми нарушениями гипотонического типа, а также в виде изменений ЦНС [189]. Выявлена прямая зависимость заболеваний нервной системы у работающих от стажа и концентрации фталатов в воздухе рабочей зоны; достаточно выражено влиянии этих соединений на генеративную функцию женщин и эмбрион. Тем не менее данных для окончательной оценки токсичности фталатов недостаточно

В последние годы короба из ПВХ стали использоваться для изолирования и разводки электропроводов в жилых и общественных зданиях. Определенную опасность может представлять использование их для совместной укладки электропроводки и труб систем отопления. Нагревание ПВХ-коробов, особенно в первое время, будет способствовать эмиссии в жилую среду содержащихся в них вредных соединений. Известны примеры загрязнения жилой среды поллютантами, выделяющимися из пластиковых материалов. Так, в воздухе экспериментального дома, изготовленного из ПВХ-материалов, содержания фталатов достигало 3,8 мг/м^3 (допустимый уровень 0,05 мг/м^3). При температуре -1^{o}С они обнаруживались в концентрации 0, 5 мг/м^3 [187]. В другом случае из оборудования пластмассового дома и его фрагментов наблюдалось выделение в воздух помещения диоктифталата, формальдегида, стирола, фенола и других соединений, концентрации которых превышали ПДК для атмосферного воздуха [108]. Выделение летучих соединений из полимерных материалов линейно зависит от температуры воздуха [186]. В частности, с повышением температуры до 40^{o}С эмиссия летучих соединений из ПВХ-материалов возрастает в 2-8 раз. Многие исследователи считают недопустимым одновременное использование большого количества полимерных материалов в жилых помещениях.

3.4. Краткие выводы

Эколого-геохимические последствия влияния кабельных заводов на окружающую среду изучены недостаточно полно. Обобщение имеющихся данных свидетельствует о том, что они являются источниками эмиссии в среду обитания многих токсичных поллютантов, обладающих широким спектром негативного воздействия на живые организмы. Специфическая особенность данного производства проявляется в присутствие в выбросах высоких концентраций тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Sn, Zn, Ba, Bi, Ag, W, Mo, Hg, Sb,), редких элементов (As, Te), пыли полиме-

ров, органических соединений (фталаты, хлорбензол, хлороводород, различные растворители, углеводороды и др.), паров и аэрозолей неорганических кислот и лакокрасочных материалов и др. В сточных водах в повышенных количествах присутствуют Fe, Pb, Cu, Zn, Al, нефтепродукты, органические соединения, цианиды и др. В выбросах и отходах кабельного производства обнаружены вещества, обладающие канцерогенными свойствами (бенз-а-пирен, винилхлорид, формальдегид, соединения Cd, As, Cr, ПХБ, минеральные масла).

Заводы этой отрасли характеризуются наличием вредных производственных процессов и постоянным присутствием в воздухе рабочих помещений высоких концентраций чрезвычайно токсичных поллютантов (химические элементы, органические соединения, пары кислот, пыль полимеров), что потенциально определяет высокий риск возникновения профессиональных интоксикаций и заболеваний у рабочих.

В зонах влияния кабельных заводов в объектах среды обитания фиксируются относительно контрастные техногенные геохимические аномалии (зоны загрязнения). Наиболее интенсивно в почвах и растениях накапливаются Cu, Pb, Sn, Zn, Cd, содержания которых значительно превышают фоновые уровни. В атмосферном воздухе обнаруживаются органические соединения. Не исключено загрязнение среды обитания диоксинами. Тем не менее зоны наиболее опасного воздействия кабельного производства достаточно локализованы и влияние заводов прослеживается, как правило, на расстояния до 0,5-1 км.

Использование для изоляции и защиты кабелей и проводов различных синтетических покрытий (ПВХ, полиэтилен, фторопласты, резины, смолы, лаки, эмали, краски, мастики и др.) создает серьезные эколого-гигиенические проблемы при производстве и использовании кабельных изделий. Указанные материалы являются источниками загрязнения производственной и окружающей среды пылью полимеров, ПХБ, нафталином, фтористым водородом, винилхлоридом, гексахлорбензолом, эфирами фталевой и фосфорной кислот, различными металлами (Pb, Sn, Ba, Cd и др.) и органическими соединениями, добавляемыми в полимеры, смолы, эмали и лаки, и другими веществами. При сжигании и при пожарах изоляционные и защитные материалы выделяют в атмосферный воздух такие токсичные соединения, как хлористый водород, бромистый водород, цианистый водород, сероводород, соединения серы, азота и углерода, диоксины, тяжелые металлы, углеводороды, фталаты. При деградации в условиях окружающей среды полихлорированные бифенилы и нафталин способны генерировать диоксины, бензофураны и родственные им соединения. С вышедшей из строя (бывшей в употреблении, в том числе в

составе различных изделий) кабельно-проводниковой продукцией, вывозимой на свалки, теряется значительное количество цветных металлов (Cu, Pb, Al) и других ценных компонентов.

Чрезвычайно актуальными задачами являются: а) проведение эколого-геохимических и гигиенических исследований в зонах влияния крупных российских заводов по производству кабелей и проводов; б) организация специализированных служб по сбору, утилизации и/или переработке вышедших из употребления кабельно-проводниковой продукции (“кабельного лома”), изоляционных материалов, кабельной арматуры.

4. Светотехническая промышленность

Заводы данной отрасли представляют собой промышленные объединения, производящие широкий ассортимент продукции (оптические источники света, оборудование для применения и обслуживания источников света, светильники, установочные изделия и др.). Они имеют разнообразные производства, цеха, участки (механические и инструментальные, сборочные, гальванические, окрасочные, смесительные, стекольные, технохимические, электродно-спиральные, цокольные, моечные, нанесения люминофоров и др.), что во многом обусловливает их значимость как источников загрязнения среды обитания. Среди этой группы предприятий можно выделить (по профилирующей продукции) электроламповые заводы (производящие преимущественно оптические источники света) и заводы по производству светотехнических изделий (светотехническое оборудование, осветительную арматуру, электроустановочные изделия и т. п.). В настоящее время в России функционирует несколько крупных электроламповых (Владикавказ, Москва, Саранск, Сердобск, Смоленск, Томск, Уфа) и множество (~ 200) светотехнических заводов. Важнейшая особенность данного производства проявляется в том, что многие токсичные вещества является составной частью конечных изделий, в том числе товаров массового потребления.

Эколого-геохимическая оценка воздействия заводов на окружающую среду в современной литературе, за редким исключением [25;235], отсутствует. Необходим комплексный анализ данной проблемы, учитывающий производство и использование искусственных источников света и светотехнических изделий [231]. Известна, например, точка зрения, что люминесцентные лампы являются в России основным источником загрязнения среды обитания Hg [2;14]. Проблема утилизации люминесцентных ламп является одной из основных при обсуждении «ртутной опасности» на страницах периодической печати. Полученные данные

свидетельствуют о том, что электроламповые и светотехнические заводы являются источниками эмиссии в окружающую среду широкой группы химических элементов и соединений.

4.1. Характеристика изделий

Искусственным источником света (источником оптического излучения) называют устройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение (в электромагнитное излучение с длинами волн от 1 до 10^6 нм). Большинство современных источников света относится к категории электрических, которые разделяются на две группы - лампы накаливания (ЛН) и разрядные лампы (РЛ)-[4;68]. Ежегодно в СНГ выпускается > 2,5 млрд. различных источников света (ЛН и РЛ), вырабатывающих до 98% всего светового потока [184]. Наиболее массовыми источниками света являются осветительные лампы, применяемые для искусственного освещения, на которое у нас в стране расходуется ~ 14% вырабатываемой электроэнергии. По массовости преобладают лампы накаливания. Так, в конце 1980-х гг. их выпуск в быв. СССР превышал 2,5 млрд. штук. Доля светового потока ЛН в общегодовом световом потоке в 1990 г. составляла 70% (в 1985 г. - 76%). Во многих областях применения эти лампы не имеют равноценной замены: они отличаются относительно низкой стоимостью, удобством и простотой в эксплуатации, разнообразием конструкций, напряжений и мощностей, высоким уровнем механизации производства. Основной недостаток ЛН - низкая световая отдача и обычно невысокая продолжительность горения (для ламп общего пользования 8-20 лм/Вт и не более 200 часов горения соответственно), а также высокая тепловая отдача.

Лампа накаливания состоит из нескольких узлов и деталей, остающихся неизменными практически для всех их типов. Главной частью ЛН является тело накала (нить, спираль, биспираль и т. п.), которое изготавливается из вольфрама (вольфрамовой проволоки)-[184]. Оно фиксируется в пространстве с помощью токовых вводов электродов и держателей. В зависимости от типа ламп токовые вводы изготавливаются из Ni, ферроникеля, Cu или платинита (проволоки, состоящей из железо-никелевого сердечника, покрытого тонким слоем Cu). Тело накала размещают либо в безвоздушной среде (вакуумные лампы), либо в среде инертных газов или их смесей (газополные лампы), для чего используют стеклянные (прозрачные, матированные, опаловые, молочные) колбы (шаровой, свечеобразной, параболической и др. формы). Для удобства эксплуатации на горле лампы с помощью цоколевочной мастики укрепляют цоколь (наиболее

распространен резьбовой), к корпусу и контактной пластине которого припаивают или приваривают выводы электродов.

Классифицируют ЛН чаще всего по двум признакам: по областям применения(общего назначения, местного освещения, транспортные, для сигнализации и индикации, для оптических систем и приборов, метрологические, для технологических целей, для специальных систем и установок и пр.) и по конструктивно-технологическим признакам (крупно-, средне- и малогабаритные, миниатюрные, сверхминиатюрные, цилиндрические, лампы-фары, лампы-светильники, галогенные). ЛН можно классифицировать и по характеру среды, окружающей тело накаливания (вакуумные, газополные: аргоновые, криптоновые, ксеноновые, с азотом, галогенные). В конце 1980-х гг. в СССР номенклатура серийно выпускаемых ЛН насчитывала 533 типа изделий. ЛН находят широкое применение в различных отраслях и сферах человеческой деятельности. Наиболее распространены лампы общего пользования, предназначенные для освещения помещений и открытых пространств. Как правило, срок их службы не превышает 1000 час. Попытки увеличить его и повысить световую отдачу ЛН не дали практических результатов, хотя принципиальные возможности в этом направлении не исключены.

Особой разновидностью ЛН являются галогенные лампы (ГЛН). Принцип их действия заключается в образовании на стенке колбы летучих соединений - галогенидов вольфрама (обычно иодистый W), которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему испарившиеся атомы W [184]. ГЛН по сравнению с обычными ЛН имеют более стабильный по времени световой поток, повышенный полезный срок службы, меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность (кварцевая колба). В большинстве ГЛН используют соединения галогенов CH_3Br (бромистый метил) и CH_2Br_2 (бромистый метилен). Тело накала ГЛН состоит из специальных марок вольфрамовой проволоки, закрепленной на вольфрамовых держателях. Вольфрамовые вводы, расположенные по концам кварцевой колбы, соединены с выводами впаянной в кварц молибденовой фольги. Лампы применяются в светильниках общего назначения, прожекторах, кинофототелетехнике, автомобильных фарах, оптических приборах и т. д.

Разрядной называют лампу, в которой оптическое излучение возникает в результате электрического разряда в газах, парах или их смесях [4;160;184;193].По составу газов или паров РЛ делятся на лампы с разрядом: 1) в газах; 2) в парах металлов; 3) в парах металлов и их соединений. По рабочему давлению лампы разделяют на 1) лампы низкого давления; 2) высокого давления; 3) сверхвысокого давления. По виду разряда - на

лампы: 1) дугового, 2) тлеющего; 3) импульсного разряда, а по областям свечения - на лампы: 1) со столбом и 2) тлеющего свечения. РЛ относятся к газоразрядным приборам (ионным приборам), представляющим собой электровакуумные приборы, действие которых основано на использовании различных видов электрического разряда в газе или парах металла [134;201;222]. Особое значение имеют приборы с ртутным катодом (ртутные вентили, газотроны, тиратроны), ртутные газоразрядные источники света, газоразрядные индикаторы, инверторы, коммутаторы.

РЛ используются для освещения улиц, жилых, общественных и промышленных помещений, в медицинских и оздоровительных целях, в светокопировальных аппаратах, прожекторных установках, во взрывобезопасных светильниках, применяются для декоративных и рекламных целей (цветные лампы), на сельскохозяйственных объектах (специальные лампы для животноводческих комплексов, птицеводства, селекции сельскохозяйственных растений и т.п.), в электрографии и др. Широкое применение РЛ во многом обусловлено их высокой световой отдачей, большим сроком службы (по сравнению с ЛН) и возможностью получения разнообразных спектров излучения, широкого диапазона мощностей, яркости. Недостатками РЛ являются определенная сложность включения в сеть, зависимость их характеристик от теплового режима и др.

В мире производится значительное количество разнообразных РЛ. Среди них особое место принадлежит люминесцентным лампам (ЛЛ), в которых используется излучение (главным образом в ультрафиолетовой и видимой областях спектра) электрического разряда главным образом в парах ртути. В быв. СССР общее число ЛЛ массового применения и специального назначения превышало 150 наименований [196]. Современные ЛЛ обеспечивают в развитых странах от 50 до 80% световой энергии, генерируемой электрическими источниками света. В СССР, например, в 1980 г. ЛЛ создавали > 60% светового потока при освещении общественных зданий. В быту ЛЛ используются сравнительно мало. Единственным исключением, видимо, является Япония, где уже в 1965 г. ЛЛ освещалось 80% жилых помещений; в настоящее время в стране выпускается в 3 раза меньше ЛН, чем ЛЛ. Последние пока мало пригодны для наружного освещения и освещения высоких помещения (малая мощность, большие размеры, ненадежность работы в условиях низких температур и др.).

ЛЛ является газоразрядным источником света низкого давления, в котором ультрафиолетовое излучение разряда (обычно дугового) преобразуется с помощью люминофоров в длинноволновое (видимое) излучение [10;44;184;195;196;222]. Наиболее распространенная разновидность ЛЛ - ртутная лампа, представляющая собой стеклянную колбу (обычно

цилиндрической формы) с нанесенным на внутренней поверхности слоем люминофора (в среднем около 5-8 г). В торцах колбы укреплены вольфрамовые спиральные электроды. Цоколь ламп изготавливается из Al; в лампах присутствуют также W (спиральные электроды), Cu (выводы, латунные штырьки), Ni (выводы), Zn (латунные штырьки), Sn (припой), Pb (припой и ножка), Al, люминофоры. При подключении ЛЛ к источнику переменного тока между ее электродами возникает электрический ток, возбуждающий свечение паров Hg. Обычная мощность ЛЛ составляет 4-200 Вт; световая отдача - до 85 лм/Вт; срок службы - до 15-18 тыс. час.

В общем случае можно различать два типа ртутных ламп - лампы с жидкой ртутью и амальгамные лампы. В первом случае в процессе вакуумной обработки лампы в нее вводится жидкая Hg, испаряющаяся при зажигании разряда, и некоторое количество инертного газа (аргон, неон, криптон), что способствует увеличению срока службы изделия и улучшению условий возбуждения атомов Hg. Во втором случае жидкая Hg заменяется амальгамой. Благодаря меньшему давлению паров Hg над амальгамой лампа становится более приемлемой и в производстве, и в эксплуатации, хотя в сущности она не превращается в «экологически чистую». Указанные лампы уже осваиваются в промышленных масштабах. Существуют безртутные ЛЛ с разрядом в инертных газах, которые безопасны, работоспособны при низких температурах и пригодны для люминофоров, возбуждающихся с коротковолновым УФ излучением. Но у них значительно ниже световая отдача и мал срок службы. Различают также ЛЛ с правильной цветопередачей (за рубежом они получили наименование ламп де люкс, супер де люкс, экстра де люкс) и лампы, не претендующие на правильную цветопередачу (в СССР и сейчас в России для производства последних используется отечественный люминофор ГФК).

Люминофоры - это синтетические вещества, способные преобразовывать поглощаемую ими энергию в световое излучение. По химической природе они разделяются на неорганические (кристаллофосфоры) и органические. Неорганические люминофоры (фотолюминофоры) применяются в ЛЛ, электронно-лучевых и газосветных трубках и др. Свечение люминофора обусловлено большей частью присутствием посторонних катионов (активаторов), содержащихся в малых количествах (до 0,001%). Ламповые люминофоры производят на основе галофосфата кальция, ортофосфатов, силикатов и вольфраматов элементов II группы периодической системы, фторидов, оксихлоридов и оксисульфидов металлов. В состав люминофоров входят Pb, Tl, Zn, Be (в прошлом), Ag, Cu, Mn, Sb, Cd, Sn, Sr, Al, Ce, Sm, Sr, Eu, Ba, Y, Yb, La и др. [41;90;184;188;196;206].

Первые отечественные ЛЛ изготовлялись на смеси двух люминофоров: на голубом вольфрамате магния и розовом силикате цинка и бериллия, активированном марганцем. В конце 1950-х гг. был разработан новый люминофор ГФК, представляющий собой сложное химическое вещество, содержащее в себе фосфат кальция, F, Cl и активаторы (Sb и Mn). Это достаточно эффективный и дешевый люминофор. Использование более совершенных люминофоров с редкоземельными элементами (в основе или в виде активаторов) сдерживается их высокой стоимостью. Особенно эффективно применение последних в компактных ЛЛ. Ведутся работы по вовлечению в производство люминофоров новых редкоземельных элементов - Lu, Er, Tm, Ho, Dy, Tb [181]. На электроламповых заводах люминофорную суспензию готовят на лаке, который способствует закреплению слоя на стенках трубки лампы в процессе его нанесения [196]. В дальнейшем это связующее вещество (биндер) удаляется (выжигается). За рубежом лак готовят на нитроцеллюлозе (на колоксилине). В СССР была принята та же технология, но затем лак был заменен смолой на основе бутилметакрилата.

В 1961 г. были приняты следующие обозначения для ЛЛ: ЛДЦ (люминесцентная дневного света с правильной цветопередачей), ЛД (люминесцентная дневного света), ЛХБ (люминесцентная холодно-белого света), ЛБ (люминесцентная белого света), ЛТБ (люминесцентная теплобелого света). Лампы ЛХБ и ЛТБ широкого применения не нашли. Наиболее распространенным типом ЛЛ являются лампы типа ЛБ. В настоящее время для освещения большинства промышленных предприятий используются следующие типоразмеры ламп ЛБ на ГФК: малогабаритные лампы диаметром 16 мм (для местного освещения; мощность 4, 6, 8 и 16 Вт, обозначаются ЛБ4, ЛБ6 и т.п.;), лампы диаметром 26 мм (мощностью 15 и 30 Вт; для местного освещения и во взрывобезопасных светильниках), лампы диаметром 32 мм (кольцевые ЛЛ типов ЛБК22, ЛБК32, ЛБК40), лампы диаметром 38 мм (в трубках этого диаметра в СНГ изготавливается подавляющее число ЛЛ, мощность их 20, 40, 65 и 80 Вт, обозначаются ЛБ20-1, ЛБ40-1 и т.д.), в трубках диаметром 38 мм отечественной промышленностью выпускаются также лампы ЛФР150 (люминесцентные, фотосинтетические, рефлекторные), используемые для селекции сельскохозяйственных культур. В последние годы разработана серия новых ламп с правильной цветопередачей: ЛДЦ, ЛДЦУФ, ЛХЕЦ, ЛЕЦ, ЛТБЦЦ и др. Известны бактерицидные и эритемные лампы - разрядные лампы низкого давления без люминофора, в которых используется УФ излучение резонансной линии (254 нм) ртутного разряда. Первые обычно представляют собой колбу из увиолевого (бактерицидного) стек-

ла с малым содержанием Fe, наполненную инертным газом с небольшим количеством Hg под давлением несколько сотен Па; по концам трубки впаяны самокалящиеся спиральные электроды из W. Их используют для дезинфекции воды, продуктов питания, помещений, в медицинских целях. Обозначаются они так: ДРБ8 (дуговая, ртутная, бактерицидная, мощностью 8 Вт) и т.п. Эритемная лампа представляет собой трубчатую лампу низкого давления с колбой из увиолевого стекла (с низким содержанием PbO и повышенной прозрачностью в УФ области спектра), на внутренней поверхности которой нанесен эритемный люминофор (Э2). Под действием резонансного излучения паров Hg он пропускает электромагнитные волны в УФ области спектра. Применяется лампа главным образом в облучательных установках. Срок службы - 3-5 тыс. час.

Ртутные лампы высокого (РЛВД) и сверхвысокого давления (РЛСВД) являются самой распространенной и многочисленной группой источников света среди РЛ высокого и сверхвысокого давления. Их называют еще лампами высокой интенсивности [10]. РЛВД представляют собой трубку большей частью из кварцевого стекла, по концам которой впаяны активированные самокалящиеся вольфрамовые электроды. Внутрь трубки вводится строго дозированное количество Hg и спектрально чистый аргон. В настоящее время наиболее распространенный тип РЛВД обозначают ДРТ (дуговая, ртутная, трубчатая). Световая отдача их 45-55 лм/Вт. Срок службы 1,5-3 тыс. час. Лампы ДРТ - эффективные источники УФ излучения; применяются в медицине, сельском хозяйстве, измерительной технике и в других областях. Лампы специальных типов используют в светокопировальной технике. Для освещения лампы типа ДРТ из-за плохой цветопередачи не используются.

Широко известны лампы типа ДРЛ (дуговая, ртутная, люминесцентная), которые применяются для промышленного и наружного освещения. Они представляют собой ртутную горелку в виде трубки из прозрачного кварцевого стекла, смонтированную в колбе из тугоплавкого стекла. Внутренняя поверхность внешней колбы покрыта тонким слоем порошкообразного люминофора. Колба имеет резьбовой цоколь. Включаются лампы в сеть через дроссель. В качестве люминофоров применяют преимущественно фосфат-ванадат иттрия, активированный европием. Лампы такого типа имеют мощность от 50 до 2000 Вт; срок службы составляет 12-20 тыс. час. (при стендовых испытаниях). Отечественной промышленностью выпускаются также ртутно-вольфрамовые лампы высокого давления, в которых свечение разряда дополнено свечением вольфрамовой спирали. Среди них интересны для совместного облучения и освещения лампы типа ДРВЭ (дуговая, ртутная, вольфрамовая, эритем-

ная) или ДРВЭД (дуговая, ртутная, вольфрамовая, эритемная, диффузная) во внешних колбах из специального стекла.

РЛСВД наиболее распространены в виде шаровых ртутных ламп типа ДРШ (дуговая, ртутная, шаровая); реже применяются трубчатые лампы типа СВД. Лампы ДРШ включаются в сеть последовательно с дросселем (при работе на переменном токе) или с резистором (на постоянном токе). Мощность их составляет 100-1000 Вт; срок службы - несколько сотен часов. Используют их в фотолитографии, приборах и т. п.

Металлогалогенная лампа (МГЛ) - высокоинтенсивный газоразрядный источник света, в котором оптическое излучение возникает в результате электрического разряда в смеси газа с парами металла. Основу ее составляет разрядная трубка из прозрачного кварцевого стекла с герметично впаянными электродами, заполненная строго дозированными количествами инертного газа, Hg и галогенных соединений металлов (иодидов Tl, Na, In, Sc, Dy и др.; иногда вводят в разряд щелочные металлы - Na, Li, Ce, а также другие агрессивные металлы - Cd, Zn). Широко распространены МГЛ с добавками иодидов Na, Tl и In и иодидов Na, Sc и To. Поскольку в лампах всегда присутствует йод, то при избытке Hg в них образуется двуйодистая ртуть (HgI_2). Возможно, что отчасти именно в такой форме Hg поступает в воздух при разбивании ламп. Срок службы МГЛ - до 10-12 тыс. час. Они используются для общего освещения (типа ДРИ - дуговая, ртутная, с излучающими добавками) для теле- и киносъемочного оборудования (типа ДРИШ - дуговая, ртутная, с излучающими добавками, шаровая), в различных технологических операциях.

Одной из эффективных групп источников видимого излучения являются натриевые лампы, обладающие самой высокой световой отдачей среди РЛ и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы. Они используются в наружных и других системах освещения. Выделяют натриевые лампы низкого давления (НЛНД) и натриевые лампы высокого давления (НЛВД). На внутреннюю стенку внешней колбы НЛНД иногда наносят тепловые фильтры из SnO_2 или In_2O_3. НЛВД содержат смесь паров Na и Hg при высоком давлении и зажигающий газ - ксенон. Разрядная трубка ламп изготавливается из особо чистого оксида алюминия. В качестве материала ввода обычно используют Nb (с добавкой 1% Zr). Натрий и ртуть вводятся в НЛВД в виде амальгамы с атомным содержанием натрия 65-75%. Внешняя колба изготавливается из стекла вольфрамовой группы или из кварца.

Среди других РЛ следует упомянуть ксеноновые лампы (трубчатые и шаровые типа ДКсТ и ДКсШ); импульсные лампы; лампы тлеющего свечения (иногда содержат Hg); различные спектральные лампы (в зави-

симости от типа могут быть ртутными, кадмиевыми, цинковыми, таллиевыми, ртутно-гелиевыми и др.); панельные лампы (в СНГ не выпускаются), желобковые или винтообразные лампы (в СНГ не выпускаются); ультрафиолетовые лампы (типа ЛУФ4-1, ЛУФ80); цветные лампы, изготовляемые для декоративных целей (голубые, зеленые, оранжевые, красные); трубки для рекламы (старое название - газосветные трубки, иногда содержат Hg и люминофор), а также специальные источники света (электролюминесцентные панели, светоизлучающие диоды, источники света с радиоактивными изотопами). В последние годы активно ведутся разработки ЛЛ «нового поколения», среди которых следует выделить энергоэкономичные прямые лампы, компактные лампы (способные заменять лампы накаливания), лампы постоянного тока; совершенствуются осветительно-облучательные лампы, рефлекторные лампы; делаются попытки разработать безртутные лампы либо лампы со значительно меньшим содержанием Hg [13;44;194;196].

В зависимости от технологии и типа в РЛ обычно содержится от 20 до 300 мг Hg [86], в наиболее распространенных типах - от 60 до 120 мг [196]; в некоторых лампах ее количество может достигать 350-560 мг [100]; считается, что в среднем в лампе содержится около 100 мг Hg [2]. Последняя цифра может использоваться при различных расчетах и оценках. Применение в ЛЛ геттеро-ртутных дозаторов позволяет вводить в лампу не более 10-20 мг ртути.

Важной продукцией светотехнических заводов является различное оборудование для применения и обслуживания источников света, электроустановочные светотехнические устройства, световые приборы [4;99;184;201]. Среди светотехнических изделий следует выделить пускорегулирующие аппараты (ПРА), с помощью которых осуществляется питание РЛ от электрической сети. Основные функции ПРА состоят в том, что аппарат обеспечивает зажигание, разгорание и устойчивость режима работы РЛ (большинство РЛ подключается к питающей сети через балластный элемент ПРА). ПРА выполняют также ряд дополнительных функций (подавление радиопомех, снижение пульсаций светового потока, компенсация реактивной мощности комплекта РЛ-ПРА и др.). Различают аппараты мгновенного зажигания, быстрого зажигания для ЛЛ (бесстартерные ПРА), для зажигания ламп импульсом напряжения. В зависимости от конструктивного решения ПРА могут включать дроссель (катушка индуктивности), резисторы, конденсатор, трансформатор и др.

Широкую группу изделий составляют электроустановочные светотехнические устройства (ЭУ), к которым относятся выключатели и переключатели (кроме пакетных), электрические соединители, включая розет-

ки, вилки электрических соединений, патроны для ЛН, РЛ и стартеры, контактные зажимы для световых приборов и ПРА, предохранители, светорегуляторы (с применением тиристоров или симисторов). При производстве ЭУ используются Cu, бронза, медные сплавы, Al. Патроны для ламп изготавливают из пластмассовых (поликарбонат, полиамидные смолы и др.) или керамических изолирующих деталей. Выпуск электроустановочных светотехнических устройств часто осуществляют на специализированных заводах.

Исключительно массовую группу светотехнических изделий составляют световые приборы (СП), т. е. устройства, содержащие лампу и светотехническую (осветительную) арматуру. Эффективность использования электрической энергии в значительной степени определяется номенклатурой и параметрами световых приборов. Есть сведения, что в светотехнических установках страны используется > 1,5 млрд. различных СП. В России ежегодно производится > 85 млн. СП, номенклатура которых превышает 4 тыс. различных видов; в СНГ - > 120 млн. различных светильников. По основной функции СП разделяют на осветительные приборы и приборы для световой сигнализации. Обычный срок службы для промышленных СП - 8-10 лет, для бытовых 5, для уличных 8 лет. Основными составными изделиями, входящими в СП, являются лампы (накаливания или люминесцентная), ПРА (на обмотке), конденсатор (на корпусе), выключатели, патроны (из пластмассы на основе фенольных смол с древесным или минеральным наполнением и т. п.), провода (с резиновой, ПВХ и т. п. изоляцией), опорная поверхность светильников, светильники и отражатели (металл, силикатное стекло и др.), ручки, кнопки (металл, пластик, керамика), контактные зажимы и детали из металла (Cu, фосфористая и бериллиевая бронзы, сталь), декоративные элементы и др. Металлические и пластмассовые части СП покрываются различными эмалями или лаками, никелируются и т. п. [4;99;184].

Деятельность электроламповых и светотехнических заводов сопровождается эмиссией в среду обитания токсичных элементов и соединений, что обусловливает формирование в их окрестностях зон техногенного загрязнения (техногенных геохимических аномалий).

4.2. Воздействие электроламповых заводов на окружающую среду

Электроламповые заводы имеют такие производства, как стекольное, гальваническое, термохимическое, электродно-спиральное, зеркализации, ремонтно-механическое, инструментальное и др.; в технологиче-

ских процессах используются многие виды сырья и материалов. Например, завод “Свет” (г.Уфа, ~ 2600 рабочих) ежегодно потребляет > 2,6 т Ni, ~ 25 т алюминиевого проката, > 11,5 т медного проката, ~ 65,7 т латунного проката, ~ 410 т проката черных металлов, > 1000 т холоднокатаной стальной ленты, 0,6 т уксусной кислоты и др. [19]. Сердобский электроламповый завод (г.Сердобск Пензенской области, 1250 рабочих) расходует 120 т латунной ленты, > 37,7 млн. м вольфрамовой проволоки, 0,85 т молибденовой проволоки, 8 т никелевой ленты. На заводах используются десятки тонн различных кислот, растворителей и других органических соединений; для изготовления упаковочных материалов применяют сотни и тысячи тонн картона. В стекольном производстве используются сода кальцинированная, песок кварцевый, мел, доломит, сульфат натрия, глинозем, селитра натриевая, кислота борная, белила цинковые, свинцовый сурик и др.

Обычно на заводах предусматривают несколько систем водоснабжения: питьевой воды, свежей технической воды, умягченной воды, оборотной [192]. Сточные воды образуются в стекольном производстве, технохимическом, электродно-спиральном, гальваническом, ремонтно-механическом и инструментальном цехах, при регенерации ионнообменных установок. Основные поллютанты - кислоты (соляная, серная, азотная, плавиковая), щелочи, частицы масла и стекла, тяжелые металлы (Fe, Cr, Mo, Hg, Pb, W, Cu и др.), сульфаты, Na, K, F и др. Уровни содержания, например, Cr и Mo в очищенных стоках могут достигать 2700 мкг/л и 500-4320 мкг/л соответственно, что в сотни раз превышает фон в природных водах. Перед сбросом в городскую канализацию производственные стоки, как правило, подвергаются очистке на локальных очистных сооружениях. Шламы, содержащие широкий комплекс поллютантов, в подавляющем большинстве случаев захороняются на свалках. На заводах по производству ЛЛ водопотребление обычно больше из-за дополнительных технологических операций и санитарно-гигиенических мероприятий.

Особенности воздействия производства источников света на среду обитания рассмотрим на примере светотехнических заводов, расположенных в некоторых городах СНГ (Смоленск, Москва, Полтава, Ереван).

Смоленск

В Смоленске (> 350 тыс. жителей) развиты машиностроение, легкая и пищевая промышленности. Среди предприятий выделяются заводы “Аналитприбор”, “Искра” (производство ЭВМ), “Техноприбор”, авиационный, “Измеритель”, автоагрегатный, дорожного оборудования, техни-

ческой оснастки, холодильников и электроламповый [46;178]. В пределах города выделяются 4 района: Центральный (сосредоточено большинство общественных, учебных, культурных, лечебных учреждений), Заднепровский (старый промышленный район), Юго-восточный, или Поповка (относительно новый район, где находится новая промплощадка электролампового завода, другие предприятия), Юго-западный (новый район, старая промплощадка электролампового завода, завод холодильников, молочный и др.). В 1988 г. в печати сообщалось о чрезвычайно интенсивном загрязнении городской среды и общественных и жилых зданий ртутью, которое связывалось как с выбросами электролампового завода, так и с утечками и разносом металлической Hg по территории города (Медицинская газета, 13.01.1988). В середине 1980-х - начале 1990-х гг. в городе были выполнены оценочные эколого-геохимические работы [60;179], результаты которых послужили основой для рассмотрения сложившейся в городе экологической ситуации.

Материалы почвенной площадной съемки территории города показали, что в районе новой промплощадки электролампового завода (ЭЛЗ) фиксировались повышенные содержания Sb и Cd (Кс=4-8), As (2-4), Hg (4-8), W и ряда других элементов. Более обширные, контрастные и разнообразные по качественному составу геохимические аномалии отмечались в окрестностях старой промплощадки ЭЛЗ, где концентрации Pb, Zn, Ag, Se, Sb и Cd превышали фон в 4-8 раз, F в 4-8 раз, As в 2-4; наблюдались также повышенные содержания Ba, Sr, Mo, Cu, Sr, Ni, W и некоторых других элементов. Очень специфично распределение в почвах ртути. Так, практически вся территория города перекрывается техногенной аномалией этого элемента с интенсивностью его концентрирования в почвах до 2 Кс; отдельными мозаичными по форме “пятнами” встречались участки, где Кс составляли 2-4, 4-8, а также участки со значениями Кс 8-16, 16-32 и более. В пределах новой промплощадки ЭЛЗ уровни содержания Hg в почвах в среднем 4-8 раз превышали фоновые концентрации. Узел старого ЭЛЗ с прилегающими дачными поселками, занимающий ~ 5 км^2, характеризовался ее максимальными концентрациями в почвах (рис. 7).

Воздействие электролампового завода на среду обитания фиксируется комплексной геохимической ассоциацией элементов в почвенном покрове (табл. 31). Для территории старого завода типичны значения Zc в почвах от 64 до 128 (очень сильный уровень загрязнения, около 75% территории промплощадки) и значения > 128 (максимальный уровень загрязнения, около 25% территории завода). В районе новой промплощадки основной фон создавался Zc со значениями 8-16, в отдельных точках отмечались уровни в 32-64.

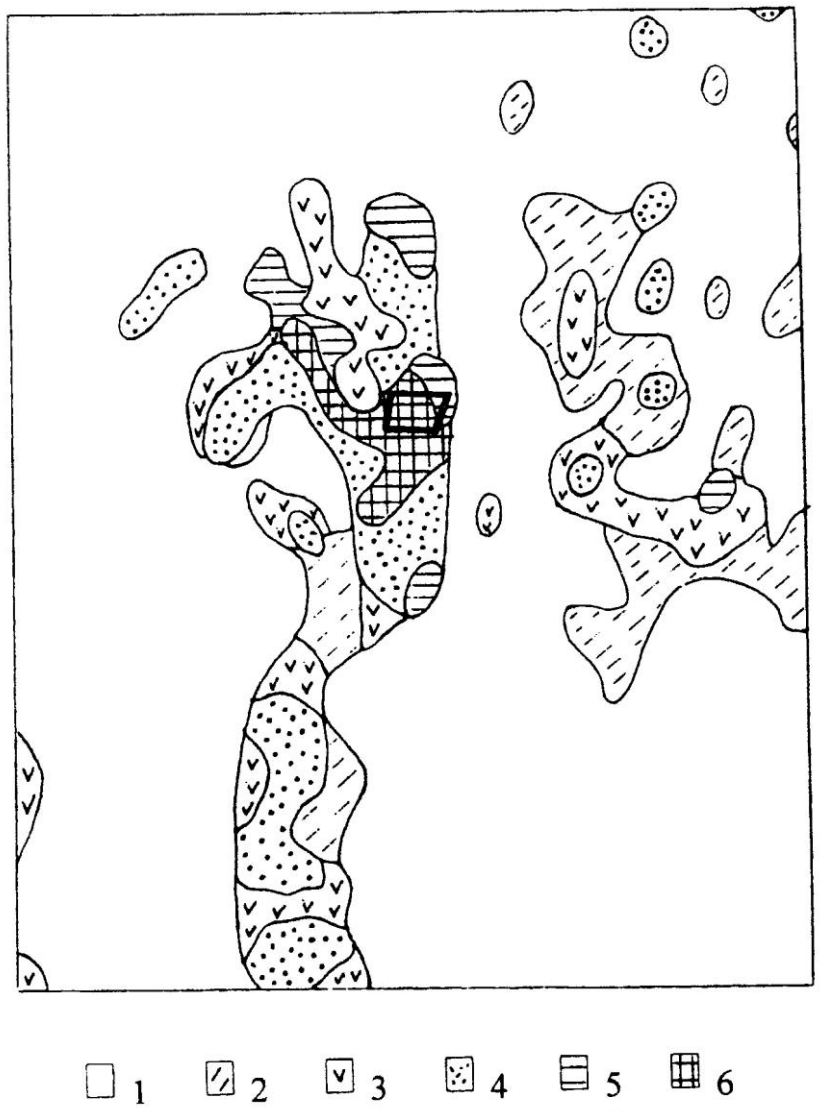

Рис. 7. Распределение ртути в почвах в окрестностях старой промплощадки (граница которой показана жирной линией) электролампового завода; значения Кс: *1* - < 2; *2* - 2-4; *3* - 4-8; *4* - 8-16; *5* - 16-32; *6* - > 32

Таблица 31. Геохимические ассоциации в почвах в зоне влияния различных предприятий Смоленска [60]

Завод	Геохимическая ассоциация (в скобках Кс)
ЭЛЗ (старая промплощадка)	Pb(58)-Zn(18)-Ag(16)-Ba(16)-Cu(9)-Sr(6)-Mo(4)-Ni(3)-Bi(350)-W(40)-Sn(33)]-
Авиационный и автоагрегатный заводы	Pb(21)-Sn(7)-Zn(4)-Ag(4)
Холодильников	Zn(13)-Bi(10)-Ag(8)-Pb(8)-Cu(4)-Sn(3)
Металлобрабатывающий	Pb(17)-Zn(15)-Ag(7)-Sn(5)-[W(10)-Ba(5)]
ТЭЦ-2	Mn(20)-Ba(5)-Pb(5)-Sn(5)-[V(20)-Sr(10)]
Территория старой свалки	Zn(135)-Bi(16)-Pb(13)-Ag(13)-Cu(7)-Sn(5)

Примечание: здесь и далее в квадратных скобках показаны химические элементы, встречающиеся менее 50% проб; при расчете ассоциаций не учитывались Hg, Cd, As, Sb, F, Se.

Результаты снеговой съемки (сетка опробования 1x1 км; исследовалась пыль, осажденная снегом) территории города показали, что аномальные содержания Hg в пыли фиксировались на большей его части; основной фон создавался Кс=2-4. Более контрастные аномалии металла (Кс = 16-32) отмечались в районах новой (площадью ~ 5 км^2) и особенно старой (~7 км^2) промплощадок ЭЛЗ (рис. 8).

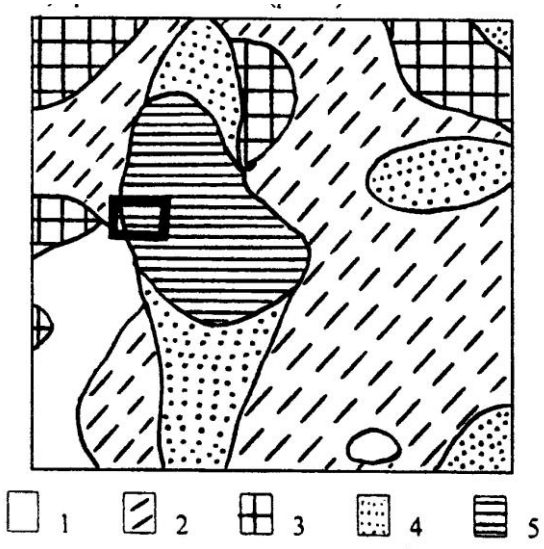

Рис. 8. Ртуть в снеговом покрове (пыль) в окрестностях старой промплощадки электролампового завода (граница которой показана жирной линией); значения Кс: *1* - менее 2; *2* - 2-4; *3* - 4-8; *4* - 8-16; *5* - 16-32

Структура площадного распределения значений суммарного показателя загрязнения (Zc) в снеговой пыли во многом схожа с распределением Hg, причем в районе обеих промплощадок ЭЛЗ фиксировались преимущественно средний и сильный уровни загрязнения (Zc 16-32 и 32-64 соответственно). Отдельные районы города, особенно Поповка, характеризовались наличием локальных зон с очень сильным и максимальным уровнями загрязнения (Zc 64-128 и > 128). В влияние электролампового завода проявлено в повышенных концентрациях в пыли Zn (до 1300 мг/кг), Ba (до 2100), W (до 13,5), Ag (до 1,35)-(табл. 32), Hg.

Таблица 32. Геохимические ассоциации в снеговой пыли [60]

Зона влияния завода	Геохимическая ассоциация (в скобках - Кс)
Дорожного оборудования, торгового оборудования	Sr(7)-W(6)-Mo(5)-Cu(4)-Pb(4)-Zn(4)-Cr(4)
Авиационный, автоагрегатный	W(46)-Mo(31)-Zn(7)-Cr(7)-Pb(4)-Cu(4)-Ba(4)-V(3)-[Co,Sr,Sb(4)]
Старая промплощадка ЭЛЗ	Zn(10)-Ba(10)-W(9)-Ag(5)-Cu(5)-Pb(3)-Cr(3)

Атмогеохимические исследования (август 1990 г., 14-19 дней подряд, среднесуточные пробы) на стационарных постах, расположенных в различных районах города, установили: 1) высокие концентрации многих поллютантов; 2) неоднородность временного распределения элементов в атмосферном воздухе (табл. 33). По данным Л.С.Соколова [179], в середине 1980-х гг. уровни паров Hg в атмосферном воздухе вблизи главной проходной старой промплощадки ЭЛЗ варьировались в пределах 120-6000 нг/м^3 (в среднем 900-1000 нг/м^3); на удалении в 1 км от завода они снижались до 100 нг/м^3. Зона факельного влияния, фиксируемая по изолинии 10 нг/м^3, прослеживалась до 3-4 км при ширине до 1 км.

Таблица 33. Химические элементы в атмосферном воздухе, нг/м^3 [60]

Элемент	Юго-восток	Центр	Поповка	Север	Фон
Ванадий	130 (5-1180)	21 (9-45)	22 (6-110)	62 (6-308)	4
Хром	23 (4-128)	12 (9-15)	25 (10-68)	18 (7-36)	6
Марганец	117 (16-590)	77 (12-505)	66 (12-156)	78 (18-134)	13
Никель	31 (4-174)	15 (8-18)	32 (8-100)	12 (6-30)	5
Цинк	129 (36-375)	70 (24-112)	180 (38-546)	96 (40-220)	23
Молибден	10 (3-31)	-	8 (6-15)	-	-
Олово	15 (3-46)	12 (6-24)	16 (6-32)	14 (4-21)	3
Свинец	64 (16-139)	97 (22-312)	56 (16-180)	43 (18-88)	8
Кобальт	0,18	0,09	0,16	0,24	0,18
Мышьяк	0,60	0,5	0,7	0,8	0,62
Сурьма	1	1,4	2,4	1,4	0,32
Барий	-	-	36	140	4
Скандий	0,11	0,05	0,08	0,2	-

В городской пыли чаще и наиболее всего концентрировались Pb, Zn, Be, реже Mo, Cu, Ag, B. Летняя пылевая нагрузка в пригородных районах Смоленска составляла 50-100 кг/км^2/сутки; в центральной части города она увеличивалась до 200 кг/км^2/сутки, а в промзоне Поповка - до 400 кг/км^2/сутки.

Старая промплощадка ЭЛЗ дренируется р.Ясенной, в донных отложениях которой обнаружены высокие содержания Ag (Кс в среднем=8), Cu (8), Cr (7), Hg (6), Mo (4), Ni (3), Zn (3), Ga (до 6), Zr (до 3), а также (эпизодически) F, As, Sb, Cd, Se. Повышенные уровни Hg (Кс до 4-8; фон=0,02 мг/кг) были отмечены в донных отложениях верховьев р.Ясенной, где в нее поступает поверхностный сток с территории старой городской свалки. Техногенные аномалии в донных отложениях реки прослеживались на расстоянии более 5 км ниже промплощадки ЭЛЗ. В воде р. Ясенная (среднее и нижнее течение) уровни содержания Ba и Mn превышали ПДК, а Cu, Ni, V - фон (соответственно в 5-40, 26 и 3 раза).

В пределах Смоленска, как указывалось выше, было отмечено загрязнение Hg многих зданий, в том числе школ и детских садов. Этот факт, а также наличие постоянно действующего промышленного источника не исключает поступления ее в организм жителей. В частности, из 1022 обследованных в городе детей у 280 из них в моче Hg находилась в концентрациях, превышающих норму (Медицинская газета, 13.01.1988). Высокие уровни металлов отмечены в волосах детей, проживающих в промышленной зоне Поповка (табл. 34). Характерно, что максимальные концентрации Hg здесь достигали 15 мкг/г, а в юго-восточном районе города - 12,5 мкг/г. Однако в первом районе примерно у 18% детей ее содержания превышали минимально-аномальный уровень, во втором районе - только у 9% детей.

Таблица 34. Средние содержания металлов в волосах детского населения Смоленска, мкг/г [60]

Элемент	Детские дошкольные учреждения		Физиологический уровень
	ул. Кловская (местный фон)	ул. Ломоносова (промзона Поповка)	
Медь	7,7	12,5	12-15
Никель	2,6	7,8	1-2
Марганец	4,8	5,3	0,5-2
Цинк	120	180	150
Свинец	10,8	9,5	8
Кадмий	0,11	0,43	1
Хром	0,5	0,5	0,5
Кобальт	0,5	0,5	1,2
Ртуть	0,87	1,15	1

Москва

В северо-восточной части Москвы расположен крупнейший в столице комплекс электротехнических заводов, ранее входивших в объединения “Московский электроламповый завод” и “Электрозавод им. Куйбышева”. Сегодня на базе этих объединений функционируют предприятия, одно из которых - “Московский электроламповый завод” (МЭЛЗ) - производит различные источники света (лампы люминесцентные, накаливания, для киноустановок), электронно-оптические преобразователи, кинескопы цветного изображения, светильники, электровакуумное стекло и др.; другие предприятия специализируются на выпуске трансформаторов, высоковольтной аппаратуры, преобразователей, бытовых изделий и др. На МЭЛЗ выпуск ЛЛ организован с конца 1949 г. В 1930-х гг. здесь было освоено промышленное производство W, Ta и Ta-Nb сплавов.

В середине 1980-х гг. выбросы в атмосферу электроламповым заводом составляли до 9000 $м^3$/час. [150]. В пределах всей промзоны и ее окрестностей (до 500 м) в пыли, уловленной снегом, и в верхнем слое почв отмечались высокие концентрации тяжелых металлов (табл. 35). В отдельных пробах почв на территории завода уровни Cd достигали 30-60 мг/кг, причем максимальные концентрации тяготели к сборочному цеху. В районе прессового цеха содержания Zn в почвах превышали фон в 40 раз. Очень показательно распределение Cd и Pb в снеговой пыли, аномальные концентрации которых прослеживались на расстояние до 700-900 м от завода. По структуре аномалии металлов довольно схожи (рис. 9), хотя для Pb в целом фиксируется несколько большая по площади зона загрязнения. Наиболее контрастные аномалии других изученных металлов также приурочены к промзоне и ее ближайшему окружению.

Таблица 35. Металлы в снеговом (пыль) покрове и в почве в районе МЭЛЗ [150]

Элемент	Снег		Почва			
			территория завода		окрестности завода	
	мг/кг	Кс	мг/кг	Кс	мг/кг	Кс
Кадмий	14	40	-	-	-	-
Свинец	292	11,2	950	36,5	207	7,9
Хром	-	-	221	4,8	74	1,6
Молибден	-	-	39	48,8	-	-
Олово	-	-	39	7,5	26	5
Ванадий	-	-	34	0,4	42	0,5
Цинк	1038	20,8	1324	26,5	430	8,6
Кобальт	34	4,7	15	2,1	8	1,1
Никель	206	10,3	65	3,3	27	1,3
Медь	718	26,6	-	-	-	-

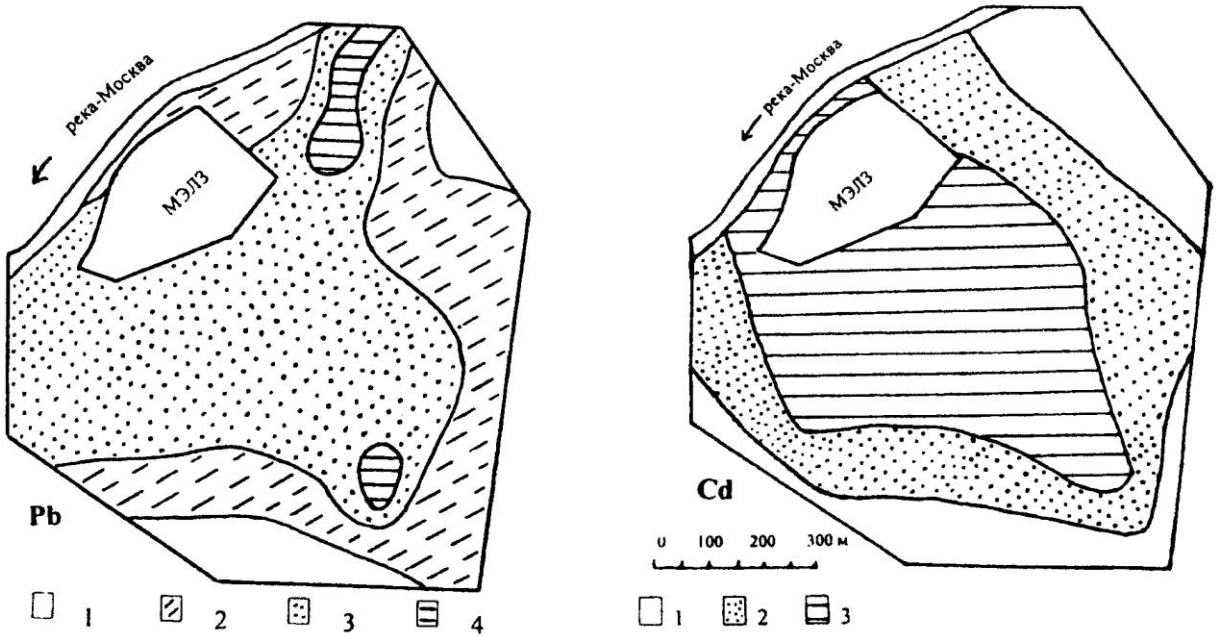

Рис. 9. Распределение свинца и кадмия в пыли, осажденной снегом, в районе МЭЛЗ; значения Кс - для свинца: *1* - < 4, *2* - 4-8, *3* - 8-16, *4* - > 16; для кадмия: *1* -< 32. *2* - 32-64, *3* - > 64

Исследования середины 1980-х гг. показали, что в районе МЭЛЗ концентрации паров Hg в воздухе варьировались в пределах 18-22 нг/м^3 [179]. В воздухе в 50 м от промзоны наблюдались повышенные содержания Pb (выше городского фона в 3-4 раза), Zn (4-6), Mn (2), Cr (2), V (1,5-2), Sn (2), Cd, W, Mo [150]. По более поздним данным [30;31], в этой же зоне в атмосферном воздухе фиксировались высокие концентрации Mo, Pb, Zn, Sn (Кс относительно фона=10-50), Mn, V, Cr, Ni (1,5-10).

Полтава

В г. Полтаве (Украина) функционирует крупнейший в стране завод по производству разрядных ламп, который расположен на северо-западной окраине города. Ежегодное (начало 1990-х гг.) потребление Hg на этом предприятии составляло примерно 6 т; основное количество ее (более 90%) используется при производстве ЛЛ [85].

Специальные исследования, выполненные вблизи территории завода, свидетельствуют о сравнительно невысоком уровне загрязнения почв и атмосферного воздуха Hg [58]. Тем не менее в почвах практически повсеместно отмечались ее концентрации, превышающие природный фон. Так, уровни содержания колебались в пределах 0,09-1,5 мг/кг, составляя в среднем около 0,41 мг/кг, тогда как фон в почвах, по данным авторов цитируемой работы, оценивался в 0,05 мг/кг. Содержания паров Hg в приземном слое атмосферного воздуха вблизи завода достигали 70-125 нг/м^3, снижаясь до 10-30 нг/м^3 уже на незначительном удалении от предприятия, т.е. по сути приближались к фоновым концентрациям.

По данным Л.С.Соколова и др.[179], в середине 1980-х гг. содержания паров Hg в приземном слое атмосферного воздуха вблизи завода были выше и составляли 800-1500 нг/м^3, снижаясь до 100 нг/м^3 и менее на расстоянии в 500 м от завода. В зону с повышенным содержанием Hg (10-100 нг/м^3) попадали расположенные рядом с заводом жилые кварталы. Концентрации металла в верхнем слое почв близ завода составляли 0,7-0,8 мг/кг, на расстоянии в 1 км - 0,25-0,30 мг/кг, в 3 км - 0,12-0,15 мг/кг.

Ереван

В столице Армении - г.Ереване - расположены электроламповый завод (ЕЭЛЗ) и опытный светотехнический завод (ОСТЗ). Экологическая обстановка в городе в свое время определялась сложным влиянием природных факторов и многих промышленных предприятий (среди которых,

кроме упомянутых, кабельный, электромеханический, автомобильный, станкостроительный, химический заводы и др.). Имеющиеся данные позволяют в определенной степени «отделить» специфику воздействия предприятий электротехнической промышленности. Анализ сложившейся здесь экологической ситуации дается по материалам МОМГЭ ИМГРЭ и ИМГРЭ [154;177;179].

Общее потребление Hg светотехническими заводами в середине 1980-х гг. составляло ~ 4 т в год. Заводы поставляют в среду обитания также Cr, Ni, Cu, Pb, Zn. В составе электролампового завода имеются литейные участки по производству Al, бронзы и чугуна, что определяет поставку в окружающую среду черных металлов и F. Наиболее интенсивное загрязнение почв Hg приурочено к зоне электролампового завода, где ее средние уровни более чем в 16 раз превышали кларк (=0,045 мг/кг). В почвах промплощадки светотехнического завода концентрации Hg составляли 0,6-0,9 мг/кг (Кс=13-18). Локальные аномалии металла прослеживались в жилых массивах, прилегающих к заводам.

Результаты газортутной съемки показали, что основным источником загрязнения атмосферного воздуха в Ереване являлся ЕЭЛЗ, прежде всего, цех по производству ЛЛ. Непосредственно в цехе содержания паров Hg достигали 0,06 мг/м^3 (в 6 раз выше ПДК для рабочей зоны). На территории завода они снижались до 100-3000 нг/м^3, причем максимальные концентрации закономерно фиксировались возле указанного цеха. Зона влияния завода прослеживалась к северо-востоку и к юго-западу на расстояния до 3-4 км, где концентрации Hg превышали фон (составляющий не более 3-4 нг/м^3) в 16 и более раз; на расстоянии 5 км - примерно в 4-16 раз, а зона с концентрациями паров металла, превышающими фон в 2-4 раза, отмечалась на удалении до 7-8 км и более. В общем случае для распределения Hg в воздухе характерна временн*а*я неоднородность. Так, на удалении в 0,2 км от электролампового завода ее концентрации наблюдения изменялись от 1 до 354 нг/м^3 (среднее 59), на расстоянии в 0,3 км - от 2 до 185 нг/м^3 (среднее 38). Площадь городской территории, на которой установлены аномальные концентрации паров Hg в воздухе, составляла около 40 км^2 (~ 30% территории города). Результаты разовых наблюдений в подфакельном от завода направлении и наблюдений на режимных точках позволили по направлению ветрового переноса установить два максимума концентраций паров Hg в приземном слое воздуха (рис. 10). Первый - связан с влиянием “ртутного” цеха, второй - расположен в зоне раскрытия ртутного факела из дымовой трубы.

Воздействие ЕЭЛЗ и ОСТЗ проявлялось в формировании в почвах города контрастных техногенных аномалий других химических элемен-

тов. Наиболее резко аномалии фиксировались в пределах промплощадок указанных заводов (табл. 36). Так, на территории ЕЭЛЗ в непосредственной близости от цехов стекольного производства содержания Pb в почвах достигали 10000 мг/кг, что в 625 раз больше кларкового уровня и многократно превышает ПДК, а на территории ОСТЗ - 1500-2000 мг/кг, что в десятки раз выше фона и ПДК. Отмечены также высокие содержания F (Кс=2-4). Указанные в таблице 36 элементы достаточно интенсивно концентрируются в верхнем слое почв городских территорий, прилегающих к электротехническим заводам, причем уровни Pb приближались к 1000 мг/кг, что значительно превышает ПДК.

Таблица 36. Ассоциации химических элементов в почвах ЕЭЛЗ и ОСТЗ

Завод	Кс относительно кларка			
	> 50	30-50	10-30	5-10
ЕЭЛЗ	Pb	-	W	Cu-Ag-Zn-Mo-Sn
ОСТЗ	-	Pb-Zn-W	Cu-Cr-Ni	Sn-Ag-Mo

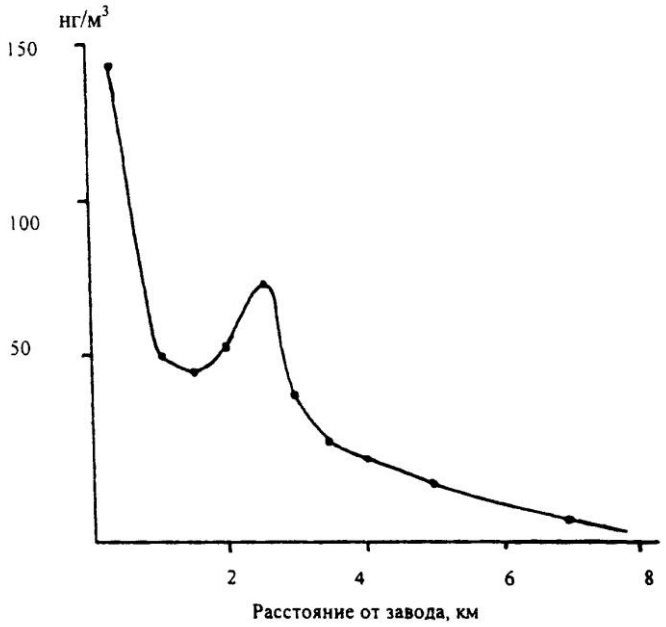

Рис. 10. Распределение паров ртути в атмосферном воздухе в зоне влияния электролампового завода

Совместное воздействие промышленных предприятий и автотранспорта привело к тому, что в почвах Еревана на площади 32 км^2 содержания Pb превышало 100 мг/кг, значительные территории города отличаются уровнями его в почвах более 500 мг/кг. Экспериментально установлено, что при содержании Pb в почве более 240 мг/кг возможны превышения ПДК в атмосферном воздухе. В Ереване такие концентрации наблюдались на территории в 13 км^2. Специальные исследования, выполненные в то время ИПГ, показали, что на всех постах наблюдения содержания этого металла в 20-60% проб атмосферного воздуха превышали ПДК. На одном из постов наблюдения за состояние атмосферы, расположенном вблизи электролампового завода, фиксировались также повышенные концентрации других тяжелых металлов (табл. 37). В листьях винограда, отобранных у завода ЕЭЛЗ, наиболее резко концентрировались Pb (Кс > 5), Zn, Ni, Cr (Кс=2-3). В волосах детей, проживающих в этом же районе, наблюдались повышенные уровни Cd, Cu, Cr, Ag, As.

Таблица 37. Уровни содержания металлов в воздухе, декабрь 1982 г., нг/м^3 [63]

Металл	Средний	Максимальный	Фон (Волох, 1992)
Свинец	320	870	8
Медь	360	1100	20
Никель	100	190	5
Хром	40	120	6
Марганец	70	150	13
Цинк	1400	3100	23

В районе свалки отходов светотехнических заводов в почвах отмечено накопление Pb (Кс в среднем 24), Sn (Кс=8), Ag (6), Zn, Cu, W (5); иногда фиксировалось повышенное концентрирование Mo (Кс до 14). В ряде точек концентрации свинца достигали 500 мг/кг. В донных отложениях рек, протекающих по территории города, накапливаются Pb, Ag, Cu, Zn и Sn (Hg в данном случае не изучалась), т.е. элементы, типичные для техногенных аномалий в почвах.

4.3. Влияние заводов по производству светотехнических изделий на среду обитания

Заводы по производству светотехнических изделий имеют гальваническое, моечное и окрасочное отделения, цех пластмасс и др. производственные участки. В технологических процессах широко используются прокат черных и цветных металлов, прокат алюминиевый и латунный, сталь электротехническая, кислоты (серная, плавиковая, соляная, азотная), различные растворители, эмали и лакокрасочные материалы, поли-

стирол, полиамиды, полипропилен, кабельная продукция, изоляционные материалы, стекло, оргстекло, пускорегулирующая аппаратура и конденсаторы, бумага, картон. Ежегодное потребление этих материалов может составлять сотни (сталь, металлы, стекло, провода) и десятки (пластики, лаки и краски, растворители) тонн; использование конденсаторов и пускорегулирующей аппаратуры достигает десятков и сотен тысяч единиц в год. Гагаринский светотехнический завод (г.Гагарин, Смоленская область), например, ежегодно использует до 400 т проката черных металлов, 100 т алюминиевого проката, 20 т латунного проката [19].

Обычно на светотехнических заводах предусматриваются три системы водоснабжения: питьевой воды, технической свежей и оборотной воды [192]. Для отвода сточных вод используют три канализационные сети: 1) производственных стоков, загрязненных взвешенными веществами, краской, нефтепродуктами, ПАВ, 2) производственных стоков, загрязненных кислотами, щелочами, тяжелыми металлами, 2) бытовых стоков. Стоки от гальванического и окрасочного отделений, от зарядной и частично от цеха пластмасс самостоятельной сетью отводятся на локальные очистные сооружения и затем сбрасываются в городскую канализацию. Сточные воды, загрязненные взвешенными веществами, нефтепродуктами, краской и окалиной, поступающие от моечных машин, окрасочных камер и ванн, проходят очистку на местных установках. Стоки от гальванического и окрасочного отделений, цеха пластмасс, загрязненные кислотами, щелочами, металлами, проходят очистку на специальных сооружениях реагентного типа. Образующиеся шламы вывозятся на свалки.

Специфику состава выбросов таких предприятий характеризуют данные по светотехническому заводу в г.Ардатове (Мордовия, > 2800 рабочих), который специализируется на выпуске светотехнического оборудования, осветительной арматуры, плафонов, бра, светильников (38). Обращает на себя внимание большой объем выбросов органических веществ. В окрестностях завода можно ожидать загрязнение среды обитания такими соединениями (и их производными), как ксилол, бутанол, толуол, фенол и др. Резкое снижение выбросов в 1996 г. (по сравнению с предыдущим годом) связано с переводом заводской котельной с мазута и угля на природный газ (снижены выбросы пыли, сажи, диоксида серы, оксида углерода).

Рекогносцировочные исследования показали, что в почвах г. Ардатова концентрируются Pb (Кс=20), Sr (8), Hg (5), а также Zn, Ag, Sn, Cr, B, Mn, Be (1,5-3), поступление которых во многом связано с деятельность этого завода. В почвах вблизи завода (Чамзинка, Мордовия), выпускающего настольные светильники, люстры, розетки, фиксировалась довольно

схожая ассоциация химических элементов, включающая Sn (Кс=18), Pb (9), Hg (4,5), Sr (4), Zn (3,5), Ag, Y и Zr (1,5-3).

Таблица 38. Выбросы поллютантов в атмосферу Ардатовским светотехническим заводом, т/год (по данным Минэкологии Республики Мордовия)

Поллютант	1995 г.	1996 г.
Всего	535,816	271,485
в том числе, твердые	21,289	5,375
в том числе: пыль неорганическая	2,317	2,344
марганец и его соединения	0,050	0,061
оксиды алюминия	0,023	0,019
хром и его соединения	0,003	0,0035
оксиды ванадия	0,904	-
оксид железа	1,795	0,202
свинец и его соединения	0,003	0,0037
натрий и его соединения	0,813	0,817
сажа	6,498	0,007
зола	0,213	0,252
Газообразные и жидкие в том числе:	514,527	266,110
диоксид серы	242,093	0,770
оксид углерода	92,932	79,089
окислы азота	32,832	33,460
углеводороды (без ЛОС)	0,731	1,33
ЛОС	145,831	150,756
ксилол	75,111	79,126
стирол	0,002	0,003
толуол	2,328	2,170
бутанол	33,875	35,199
фенол	1,109	1,143
этанол	0,113	0,129
бутилацетат	1,357	1,418
метилметакрилой	0,045	0,051
этилацетат	0,902	1,201
этилцеллозольв	1,756	1,741
формальдегид	0,027	0,029
уайт-спирит	11,684	11,611
прочие газообразные и жидкие (аммиак, хлорводород, фторводород, кислоты борная, серная и фосфорная, щелочь)	0,253	0,247

Рузаевский завод электровакуумного машиностроения (г.Рузаевка, Мордовия, > 1300 рабочих) производит разнообразное светотехническое оборудование, стартеры, плафоны, люстры, бра и др. Анализ пылесметов из производственных помещений завода ЭВМ показал, что в пыли концентрируются многие тяжелые металлы (табл. 39). Наиболее высокие

содержания характерны для пылей механо-сборочного цеха. Каждый цех отличается присущей только его пылям ассоциацией элементов (табл. 40). Тем не менее ведущими поллютантами являются Ni, Cu, Co, Mo. Однако, несмотря на высокие содержания металлов в пылях из производственных помещений, интенсивность концентрирования их в почвах промзоны невелика (табл. 41). Видимо, это связано с относительно небольшой эмиссией пыли в окружающую среду. Для получения более точных сведений необходимо детальное опробование почв промзоны и прилегающих территорий. В частности, в отдельных точках в пределах промзоны ЭВМ фиксировались содержания Hg, достигающие ПДК, а также концентрации Mo, Zn, Cu, Cr, Ag, Nb более чем в 5 раз превышающие местный фон в почвах. В снеговой пыли на территории завода обнаружены высокие концентрации Pb, Sn, Ag, Cu, Hg (Кс=3). Специфичен комплекс поллютантов, присутствующих в повышенных содержаниях в атмосферном воздухе вблизи промзон города (табл. 42). Высокие концентрации Br и Pb в значительной мере отражают влияние автотранспортных выбросов.

Таблица 39. Металлы в пыли цехов завода ЭВМ, мг/кг [204]

Металл	Полировальный	Механический	Литейный	Механосборочный
Хром	860	640	220	1900
Марганец	810	2500	1600	2700
Кобальт	10	150	160	16000
Никель	64200	790	130	1200
Медь	13800	42000	460	22900
Цинк	470	1800	450	3800
Молибден	50	60	30	780
Серебро	2	1	1	1
Кадмий	1	1	1	1
Свинец	70	840	80	40

Таблица 40. Ассоциации химических элементов в пылях цехов завода ЭВМ

Цех	Кс относительно фона в почвах					
	> 300	300-100	100-30	30-10	10-3	< 3
Полировальный	Ni	Cu	Ag-Mo	Cr	Zn	Cd-Pb-Mn
Механический	Cu		Mo-Pb	Ni-Zn-Ag-Cr-Co	Mn	Cd
Литейный				Mo-Ag-Co	Cu-Zn-Cr-Ni-Mn-	Cd-Pb
Механосброчный	Co-Mo-Cu		Ni-Zn-Cr	Ag	Mn	Cd-Pb

Таблица 41. Ассоциации элементов в почвах в зоне влияния завода ЭВМ

Район	Кс относительно фона	
	10-3	3-1,5
Промзона ЭВМ	Pb-Nb-Ag-Zn-Cr	Mo-Cu-V-Li-Ba-Sc-Co-Zr
Жилая территория близ ЭВМ	Pb-	Zn-V-Li-Ag-Mo-Ba

Таблица 42. Ассоциации химических элементов (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха [204]

Промзона	Геохимическая ассоциация, в скобках Кс относительно фона
Химмаш	Cr(15)-Br(10)-Pb(9)-W(8)-Au(7)-Co(7)-Sn(6)-Ni(6)-Sb(5)-V(4)-Mn(4)-Sm(3)-Hg, Zn, As, Ba, Mo,Ce,Th(2)
ЭВМ	Br(13)-Co(11)-Sm(10)-Sn(10)-Th(8)-W(7)-Pb(7)-Sc(7)-Ni(6)-Mo(6)-La(5)-Sb(4)-Ce(4)-Hf(4)-Au(4)-Mn(4)-Hg(3)-Ba,V,As,Cr(2)

Исследования автора этих строк показали, что в донных отложениях р.Инсар ниже Рузаевки в повышенных содержаниях присутствуют Bi (Кс до 3-5), Pb, Zn, Sn, Cu, Cr, W, Hg (Кс=1,5-3), т. е. типичные для основных предприятий города поллютанты. Высокие концентрации Bi отражают влияния приборостроительного завода “Висмут”.

В.С.Дроботун [61] в почвах вблизи светотехнического завода, расположенного в г.Гагарине и производящего различное светотехническое оборудование, были установлены повышенные концентрации Hg (Кс от 7 до 31), Pb (до 15), Ag (до 13), Zn (до 10), Sn (до 9), Bi (до 8), W (до 6), Mo и Ni (до 5), Cu (до 4), а также V и Cr (до 2,5). Суммарный показатель загрязнения (Zc) почв варьировался в пределах 16-64 и более; основной фон составляли участки со значениями 16-32. Содержания Pb в почвах в районе завода, включая расположенные здесь жилые зоны, изменялись от 40 до 250 мг/кг, т. е. практически повсеместно превышали ПДК. Своеобразно накопление химических элементов в пыли снегового покрова вблизи трех промзон Гагарина (табл. 43). Показательно, что в пределах промзоны светотехнического завода в пыли более контрастно концентрируется элементы, аномалии которых в почвах проявлены менее ярко, что отражает, видимо, специфику производственных процессов в настоящее время. Пылевая нагрузка близ светотехнического завода составляла ~ 260 кг/км^2/сут., в пределах городской территории - 160-517 кг/км^2/сут.

Таблица 43. Ассоциации химических элементов в снеговой пыли

Завод	Кс относительно фона			
	> 30	30-10	10-3	< 3
Светотехнический		Ni-W	Cd-Zn-B-Ba-Pb-Ge-Hg	P-Cr-Mo
Машиностроительный		W	Mo-Cd	Cr-V-B
Динамик	W	Zn	V-Ni-M0	Cu-B-Cr-Be

В общем случае наиболее интенсивные техногенные аномалии в почвах и снеговом покрове локальны в пределах города и тяготеют к промышленным предприятиям. По значениям Zc в почвах ~ 50% городской территории относится к районам с допустимый уровнем загрязнения (Zc < 16), а > 30% - характеризуется умеренно опасным уровнем загрязнения (16-32) Тем не менее ~ 10% территории города "занято" аномалиями с опасным и ~ 5% с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения. Данные по составу атмосферного воздуха показывают, что уровень загрязнения в районе светотехнического завода заметно ниже, чем вблизи машиностроительного завода (табл. 44). Тем не менее значительная часть изученных элементов превышает фоновые параметры (V, Ag, As, Cd, Sn). В волосах детей из расположенного вблизи светотехнического завода детского сада отмечены повышенные концентрации Pb, Cd, Zn и Cu.

Таблица 44. Химические элементы в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) вблизи заводов, нг/м^3 [61]

Элемент	Машиностроительный	Светотехнический	Фон
Ванадий	11	10	4
Хром	6	8	6
Марганец	13	49	13
Никель	12	13	5
Медь	22	22	20
Цинк	43	25	23
Мышьяк	14	6	0,75
Серебро	0,08	0,07	0,02
Кадмий	1,2	1	0,5
Олово	9	9	3
Свинец	17	10	8

Исследования, выполненные в окрестностях светотехнического завода в Кировакане, показали, что в почвах накапливались Pb (Кс=22), Zn (6), Sn (5), в отдельных точках фиксировались высокие уровни Ag (Кс до 13)-[154]. Концентрации Hg в воздухе достигали здесь 6-8 нг/м^3 (при фоне порядка 1-4 нг/м^3)-[179]. При подфакельных наблюдениях содержания Hg (в 3-4 раза выше фона) прослеживались на расстояние ~ 1 км.

4.4. Светотехническая промышленность и загрязнение окружающей среды ртутью

Электротехническая промышленность является одной из ведущих отраслей, потребляющих ртуть. Например, в США в конце 1980-х гг. > 50% Hg применялось в производстве электротехнической продукции [22].

По-видимому, аналогичная ситуация типична для промышленно развитых стран, хотя еще в 1970-х гг. в производстве различного электрооборудования использовалось ~ 20% от среднего потребления Hg индустриальными странами [91]. Однако общее потребление металла было в то время более значительным (за счет Hg, использовавшейся в химической промышленности), а непосредственно на производство оптических источников света (ртутных ламп) расходовалась относительно незначительная часть Hg, применяемой в электротехнической промышленности. К тому же, структура потребления этого металла в разных странах всегда была различной. Так, если в США в 1969 г. в электротехнике было использовано 22,9% от всего потребления Hg в стране, или почти 627 т [302], то в ФРГ в 1971 г. - всего лишь около 5% (32,8 т)-[38]. В Японии основная доля Hg применяется в производстве сухих батарей, причем в начале 1980-х гг. на эти цели использовалось до 50% потребляемого металла [307], в 1986 г. - ~ 70% [22]. В США значительная часть Hg используется при изготовлении химических источников тока (батарей, гальванических элементов), соединительных приборов, переключателей. Есть прогнозы, что потребление Hg для производства ламп в США может возрасти и составить, например, в 2000 и в 2025 гг. 114 и 179 т соответственно [111]. Некоторые экспертные оценки указывают на то, что электротехническая промышленность в самое ближайшее время может стать ведущим потребителем этого металла в развитых странах. Тем не менее в настоящее время ЛЛ вряд ли могут претендовать на роль одного из основных источников поставки Hg в окружающую среду. С этих позиций значительно более серьезную проблему представляют химические источники тока, и главное использование ртути в химической промышленности.

Общий выпуск ЛЛ в мире достигает 2 млрд. штук в год [194]. Если исходить из того, что в одной лампе в среднем содержится 100 мг Hg (будем считать, что данная цифра учитывает возможные потери металла в процессе изготовления ЛЛ), то на производство указанного количества ламп используется ~ 200 т/год ртути. Эта величина представляет собой предельное количество металла, которое потенциально может поступить в окружающую среду (при допущении, что все ЛЛ в течение года выйдут из строя и будут вывезены на свалки). В ряде стран широко распространена вторичная переработка и утилизация ртутных ламп. В Великобритании, например, общий рециклинг Hg оценивается в 66-69 т/год, причем около 5 т получают из электрооборудования [271]. Во многих штатах США использование ртутных ламп ограничено; в мае 1993 г. Агентство по охране окружающей среды запретило захоронение в почву отходов с высоким содержанием Hg; в стране создано несколько региональных

компаний по утилизации ртутных ламп [105]. Можно предположить, что реальная эмиссия Hg, связанная с производством и использованием ЛЛ, в глобальном плане не превышает 100-120 т.

В США выпуск ЛЛ составляет не менее 250 млн. шт. в год [44], что соответствует 25-30 т Hg, потенциально способной рассеваться в окружающей среде в случае выхода указанных ламп из строя. В ФРГ в конце 1970-х гг. ежегодно с использованными и разбитыми ЛЛ терялось ~ 2 т Hg [270]. Среднее содержание металла в каждой лампе составляло 50 мг, т.е. было «утеряно» около 40 млн. вышедших из строя ламп (примерно 0,7 лампы на одного жителя). В Великобритании ежегодно только при сжигании угля в атмосферу поступает ~ 24,6 т Hg [271]. По существующим оценкам, в мире даже при сжигании древесины может поступать от 40 до 197 т/год Hg [228], что сопоставимо с возможной поставкой с ЛЛ.

В 1980-х гг. ежегодное потребление Hg в СССР оценивалось в 1250 т, из которых 38,75 т применялось в светотехнической промышленности. Основная масса ее использовалась (и продолжает использоваться) в экологически вредных производствах (прежде всего, предприятиями химического и оборонного комплекса). Изменения в структуре потребления Hg в настоящее время связаны главным образом с приостановлением деятельности некоторых химических заводов (хлорно-щелочных производств). По данным [86], ламповые заводы России ежегодно потребляют ~ 20 т Hg (представляется, что эта цифра несколько завышена; современное потребление, видимо, составляет ~ 12-15 т/год). По официальным данным [127], в 1992 г. в России выбросы металлической Hg (паров) в атмосферу предприятиями электротехнической промышленности составили 0,4 т. Этот объем эмиссии, видимо, основан на расчетных данных и вряд ли отражает истинные потери металла, используемого в электротехнике. В частности, не учитываются потери Hg в аэрозольной форме, со стоками, утечки металлической (Hg, потери с бракованными изделиями, с твердыми отходами и т.п. Практика показывает, что обычно в подобных оценках рассматриваются данные только по потерям Hg на электроламповых заводах, а потери при производстве других электротехнических изделий не берутся в расчет. Эмиссия Hg с конечной продукцией, выходящей из строя и попадающей на свалки, практически никогда не учитывается. Определенное количество Hg поступает в среду обитания при транспортировке, хранении и реализации разрядных ламп.

Ежегодно в СНГ образуется > 180 млн. отработанных ЛЛ [156], содержащих около 18 т ртути. К настоящему времени в России в эксплуатации находится 450-500 млн. люминесцентных ламп, концентрирующих ~ 50 т Hg [86]. По данным В.С.Авруха [2], в России ежегодно использует-

ся ~ 100 млн. ЛЛ (примерно 0,7 лампы на одного жителя), что обусловливает возможную «потерю» этого поллютанта примерно в 10 т. Указанная цифра (10 т), по-видимому, и является вероятным вкладом ЛЛ в загрязнение среды этим токсичным металлом для территории России. С учетом потерь Hg в ходе их производства, транспортировки и т. п. эмиссия может быть увеличена до 12-15 т.

В общем случае «потери» Hg с вышедшими из строя лампами в пределах конкретного города и даже крупного региона сопоставимы с ее эмиссией теплоэлектростанцией средней мощности, работающей на каменном угле и мазуте. Так, средняя ТЭС (1 млн. кВт) сжигает за сутки 10000 т угля и выбрасывает в атмосферу до 1 кг Hg (Энергия, 1987, N 4); ТЭС мощностью 700 МВт выбрасывает в сутки до 2,5 кг Hg (Бондарев, 1976), а эмиссия Hg на Углегорской ГРЭС (Донбасс, Украина) составляет более 3 т/год [58], т.е. более 8 кг в сутки.

В то же время не следует принижать значимость проблемы ЛЛ, особенно с позиций локального загрязнения среды обитания. Известно, что скорость испарения металлической Hg в спокойном воздухе при температуре окружающей среды 20^{o}C составляет 0,002 мг с 1 .см^{2} в час, а при 35-40^{o}C на солнечном свету увеличивается в 15-18 раз и может достигать 0,036 мг/см^{2} в час. При разбивании ЛЛ, содержащей 80 мг металла, образуется свыше 11 тыс. шариков ртути диаметром 0,01 см с общей суммарной поверхность 3,53 см^{2} [195]. Этого количества ртути, при условии ее полного испарения, достаточно для того, чтобы «загрязнить» до уровня ПДК помещение объемом в 300000 м^{3}. Следует помнить, что в процессе эксплуатации часть (возможно, значительная) парообразной Hg сорбируется люминофором, причем уровни ее в этом материале могут достигать 0,5% (А.А.Волох, личное сообщение). Безусловно, ртутные лампы в обязательном порядке должны утилизироваться или, по крайней мере, захораниваться на специально подготовленных полигонах. В ряде случаев с эколого-гигиенических позиций ЛЛ представляют собой более опасный источник загрязнения среды обитания Hg, нежели упомянутые выше предприятия энергетики.

Так, на заводах цветной металлургии быв.СССР только за 1991 г. вышло из строя > 110 тыс. ртутных ламп, из которых большая часть была отправлена в места неорганизованного складирования и на свалки [209]. В Московской области (конец 1980-х гг.) ежегодно образуется ~ 5 млн. отработанных ртутных ламп (около 0,8 лампы на одного жителя), что дает 0,5 т Hg, способной рассеиваться в окружающей среде. Около 21 млн. “новых” ламп, в которых содержится порядка 2,1 т Hg, хранилось на складах различных организаций. В Саранске потребители ежегодно рас-

ходуют до 0,5 млн. шт. ЛЛ (Фролов, 1996). Москва ежегодно получает около 9 млн. таких ламп [196]. По имеющимся данным [120], в Москве количество Hg, поступающее в среду обитания с ежегодно выходящими из строя ЛЛ, составляет 427 кг. На территории Рязанской области к 1996 г. накопилось почти 117 тыс. отработанных ртутных ламп, в Белгородской области - около 380 тыс. шт. [53]. В конце 1980-х гг. в Краснодарском крае ежегодно образовывалось около 1 млн. шт. отработанных ЛЛ. На Тульском объединениях «Химволокно» и "Азот" ежегодно меняется соответственно 40000 и 20000 пришедших в негодность ЛЛ.

Если основываться на данных по ежегодному использованию ртутных ламп в конкретных странах, регионах и городах, то можно предположить, что в промышленных городах (типа Москвы) ежегодный «расход» их составляет примерно 1 лампу на 1 человека, в крупных регионах (типа Московской области) - 0,8 лампы на 1 жителя, в странах с преобладанием городского населения - примерно 0,7 лампы на 1 человека. Указанные значения, видимо, могут использоваться при ориентировочных подсчетах эмиссии Hg с ЛЛ в конкретных городах и регионах, особенно в тех, где данные виды изделий не подлежат обязательной вторичной переработке и вывозятся на свалки.

С отработанными разрядными (ртутными) лампами в среду обитания поступают не только Hg, но и другие поллютанты. Например, по некоторым оценкам (Энергия, 1988, № 11), с ежегодно выводимыми из строя в быв. СССР ртутными лампами в окружающую среду поступало до 5 т Sb, 4 т Pb, 10 т Y. В РЛ содержатся также Al, W, Cu, Ni, Zn, Sn; существенными будут потери стекла, люминофоров, содержащих широкий спектр различных вредных веществ. Если исходить из того, что в каждой ЛЛ содержится в среднем 5 г люминофора, то с ежегодно выводимыми из строя лампами в России "теряется" до 500 т этого вещества.

Мировое производство ЛН, которых насчитывается порядка 2000 разновидностей, составляет > 15 млрд. штук в год. С указанными изделиями ежегодно "теряются" тонны и десятки тонн цветных и тяжелых металлов (прежде всего, W, Mo, Ni, Cu), поскольку подавляющая часть использованных ламп накаливания в конечном счете оказывается на свалках. Значимы также потери стекла.

С различным светотехническим оборудованием (световые приборы, пускорегулирующие аппараты, электроустановочные светотехнические устройства и т. п.) также теряется значительное количество ценных и токсичных металлов и материалов (Cu, Al, Ni, Sn, Pb, Be, Fe, пластмассы, лаки и лакокрасочные материалы, ПВХ, другие изоляционные материалы, керамика, стекло и др.). В конденсаторах и трансформаторах, используе-

мых в РЛ, присутствуют различные материалы, пропитанные конденсаторными и трансформаторными маслами, основой которых до недавних пор широко использовались полихлорированные бифенилы и другие вредные вещества. В конечном счете масштабы потерь и соответственно эмиссия поллютантов в среду обитания, видимо, превышают таковые, характерные для оптических источников света.

В общем случае в проблеме ртутной опасности, обусловленной производством и использованием электротехнических изделий, следует различать:

1) экологические аспекты, связанные с загрязнением окружающей природной среды при их производстве и использовании; 2) задачи, связанные с профессиональной вредностью и производственной санитарией (для многих предприятий они очень актуальны); 3) социально-бытовые аспекты, связанные с возможностью случайного и намеренного попадания ртути, других поллютантов в жилые и общественные здания и т.п.; 4) технологические проблемы, связанные с совершенствованием производственных процессов и систем очистки выбросов и стоков, с утилизацией отходов, а также с разработкой методов утилизации вышедших из строя электротехнических изделий и созданием безртутных ламп; 5) организационные проблемы, связанные со сбором вышедших из строя изделий. Особое значение имеет просветительская деятельность, направленная на разъяснение ртутной опасности, среди самых широких слоев населения.

4.5. Краткие выводы

Светотехнические заводы поставляют в окружающую среду широкий спектр органических и неорганических поллютантов. Это во многом обусловлено использованием в технологических процессах разнообразного сырья, многих материалов и изделий, а также наличием в составе предприятий гальванических, окрасочных, стекольных, технохимических, пластмассовых, литейных производств. Выбросы заводов обогащены тяжелыми металлами и органическими соединениями (особенно, растворителями). В сточных водах содержатся кислоты, щелочи, Fe, Cr, Mo, Hg, W, Cu, F, Na и другие вредные вещества.

В окрестностях заводов по производству источников света в различных компонентах окружающей среды фиксируются контрастные аномалии Pb, Hg, Ag, Cd, Zn, Ba, W, Sn, Sr, Ni, Mo, Se, Sb, F и других химических элементов и соединений. Территории заводов обычно характеризуются очень сильным и максимальным уровнем загрязнения почв и снегового покрова. Зона влияния заводов охватывает площади в несколь-

ко квадратных километров, в пределах которой концентрации поллютантов могут превышать существующие нормативы. Как правило, масштабы загрязнения среды обитания Hg, обусловленные производственными процессами, менее значительны, чем некоторыми другими поллютантами. Очень часто ртутное загрязнения формируется за счет неоправданных механических потерь металла, в том числе с конечной продукцией. Этот факт следует учитывать при разработке природоохранных программ и при проведении соответствующих исследований в районах размещения таких производств.

В то же время, любое предприятие, использующее Hg в своем технологическом цикле, является источником повышенной гигиенической и экологической опасности, что подтверждается данными по концентрированию этого металла в биосубстратах городских жителей. В организме детей, проживающих в зонах влияния электроламповых заводов, отмечались также повышенные концентрации Ni, Zn, Pb, Cu, Cd. Специфическое и чрезвычайно интенсивное загрязнение окружающей среды может быть обусловлено воздействием сопутствующих электроламповым заводам производств, таких, например, как стекольное (Pb, B), литейное (черные металлы, F), травление стекла (F, HF).

Воздействие заводов, производящих различное светотехническое оборудование, фиксируется повышенными содержаниями в окружающей среде Pb, Ag, Zn, Sn, Bi, W, Hg, Mo, Cd, Cu, Ni, V, Cr, редкоземельных элементов. Использование различных растворителей, кабельных, лакокрасочных и изоляционных материалов, а также существующие на заводах пластмассовые и окрасочные цеха обусловливают поступление в среду обитания разнообразных органических поллютантов, кислот, аэрозолей красок. Как правило, зоны наиболее интенсивного загрязнения окружающей среды ограничены территориями предприятий и их ближайшими окрестностями, захватывая прилегающие жилые районы.

Мировая эмиссия Hg в окружающую среду с отработанными ртутными лампами может быть оценена в 100-120 т/год. Предварительные оценки показывают, что с люминесцентными лампами (с учетом потерь металла при их производстве, транспортировке и т. п.) в окружающую среду России ежегодно поступает порядка 12-15 т Hg, в СНГ около 18 т. С вышедшими из строя разрядными лампами, лампами накаливания, светотехническим оборудованием в среду обитания поступают также Sb, Pb, W, Y, Al, Cu, Ni, Zn, Sn, Be, пластики, люминофоры, изоляционные материалы, стекло, керамика, “потери” которых составляют тонны и десятки тонн ежегодно.

5. Электротехническое машиностроение, производство электрооборудования, электротехнических изделий и материалов

Специфика и особенности воздействия указанных групп электротехнических предприятий на среду обитания изучены чрезвычайно слабо. Имеющиеся конкретные сведения немногочисленны и разрозненны. Наиболее принципиальные из них приводятся ниже.

Эколого-гигиенические аспекты производства и использования изоляционных материалов и покрытий, кабельных, трансформаторных и конденсаторных масел, некоторых электроустановочных изделий рассмотрены в других разделах настоящей работы.

5.1. Электротехническое машиностроение

Заводы электротехнического машиностроения производят трансформаторы и трансформаторные подстанции, генераторы и гидрогенераторы, крупные электромашины, передвижные электростанции, напольный транспорт, электровозы, различные электродвигатели, бытовые электроприборы, а также часто выпускают различное электрооборудование (высоковольтную аппаратуру, запчасти к электротехническому оборудованию, электроприводы, выпрямители, силовые преобразователи и др.). Производство некоторых изделий, например гидрогенераторов, малосерийное и индивидуальное.

В составе заводов присутствуют производства, характерные для машиностроительного комплекса (металлообрабатывающие, сборочные, гальванические, инструментальные, окрасочные цеха, участки травления, штамповочно-сварочные и газорезательные, намотки, изготовления магнитопроводов, обмоток, изоляционных деталей, сердечников, пропитки, заливки и сушки, аппаратные цеха, а также различные общепромышленные объекты). На заводах активно используются процессы обезжиривания, закалки, охлаждения, промывки, отжига, пайки. В производстве широко применяется электротехническая сталь (для изготовления сердечников силовых трансформаторов и магнитопроводов гидрогенераторов переменного тока, для производства высокочастотных трансформаторов и генераторов электрического тока, для производства роторов и статоров электрических машин и др.), трансформаторные масла (сотни и тысячи тонн на одном заводе), лакокрасочные материалы (десятки тонн), растворители, алюминиевый прокат (десятки тонн), прокат цветных металлов, чугун передельный и литейный, стальные трубы, электроды сварочные

(десятки тонн), полиамиды и эпоксидные смолы (десятки тонн), лавсан, полистирол, медные провода (десятки тонн), различная электротехническая и кабельная продукция, изоляционные материалы и др.

Анализ имеющихся материалов позволяет предположить, что в выбросах предприятий будет присутствовать широкая группа химических элементов, типичных для машиностроительного производства (табл. 45). Формирующиеся в окрестностях машиностроительных заводов зоны загрязнения (в почвах и снеговом покрове) отличаются интенсивным концентрированием W, Mo, Sn, иногда Be и Ti [168]. Обязательно присутствие повышенных содержаний Zn, Pb, Cu, характерных для любого металлоемкого производства. В почвах возможно накопление Bi, Cr, Ni (Кс до 3-10). Например, в окрестностях московского "Электрозавода" в почвах и снеговом покрове интенсивно концентрировались Cd, Pb, Cr, Sn, Zn, Cu, в меньшей степени Co и Ni. По данным В.Б.Ильина и др., [72], в почвах в районе Новосибирского завода "Элсиб", производящего электрические машины, турбогенераторы и гидрогенераторы фиксируется специфическая ассоциация химических элементов, среди которых Sn, Co, Pb, Cd, Cu, Mn (табл. 46). Ведущие значение олова явно связано с воздействием выбросов оловокомбината.

Таблица 45. Металлы в пылях машиностроительных заводов [165;168]

Процесс	Ряды относительной концентрации (Кс относительно кларка)			
	$n \cdot 1000$	$n \cdot 100$	$n \cdot 10$	$n \cdot 1$
Литье стали	-	-	Sn-Sb-Ni-W	Mn-Zn-B-Pb-Mo
Выбивка форм	-	-	W	Mo-Zn-Co-Pb
Очистка отливок	-	W-Mo	Cr-Ni-Cu	V-Co
Кузнечно-прессовый цех	-	Zn	W-Mn	Mo-Ni-Sn-Co-Pb
Механическая обработка черных металлов	-	W-Mo-Cu	Cr-Ni-Co-Zn	Mn-V-Pb-Sn
Механическая обработка цветных металлов	Cu-Zn-Pb	Cr-Ni	W-Sn	Co-Mo-V
Заточка инструментов	W	Mo-Co	Cr-V-Cu-Ni	Zn-Sc

Таблица 46. Химические элементы в почвах вблизи заводов в Новосибирске [72]

Предприятие	Коэффициенты концентрации				
	> 100	100-30	30-10	10-3	менее 3
Элсиб		Sn	Co-Pb	Cd-Cu-Mn-V-Zn-Bi	Sc-Cr-Mo-Nb
Оловокомбинат	Sn	W	Bi	As-Cu-Zn-Co-Sr-Cd	B-Mo-Zr-Y
ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3				Sn-Sr-Cu-Co-Zn	Cd-B-Bi-Mo-Ba-Pb-Zr

Примечание: при расчете Кс использовались максимальные значения фоновых концентраций элементов в почвах, приводимые авторами цитируемой работы.

В почвах вблизи гальванического цеха завода “Электромашина” (г.Кишинев) накапливались Zn (Кс относительно фона=50), Sb (50), Pb (26), Cu (14), Sr (10), Ag (10), Sn (7), Cr (6), Ni (3); Zc=177 [112]. Еще более сильно загрязнены были почвы вблизи окрасочного цеха (Zc=339), отличающиеся присутствием очень специфичной, но типичной для данного производства ассоциаций элементов: Cu (Кс=4000), Co (273), Pb (184), Zn (158), Ag (40), Mo (17), Sr (10), Ni (10), Sn (9), Cr (3). Содержание Hg в почвах вблизи предприятия достигало 0,46 мг/кг, что на порядок выше кларка. В окрестностях электромеханического завод им. Владимира Ильича (Москва, > 1400 рабочих), выпускающего электродвигатели переменного тока, в почвах концентрировались Zn (Кс=8), Pb (7), Sn (6), Bi (5), Mo (5), Cr (2), Ni (1,5)-[150]. Довольно схожие по качественному составу ассоциации отмечались в снеговой пыли и снеговой воде (табл. 47). В воздухе обнаруживались повышенные концентрации Pb (часто выше ПДК), Mn, Zn, V, иногда Cd, уровни которых многократно превышали фон. Вблизи Московского прожекторного завода (> 3000 рабочих), производящего стиральные машины, электроутюги, аккумуляторы, в различных компонентах окружающей среды фиксировались повышенные концентрации тяжелых металлов (табл. 48). В снеговом покрове концентрировались Zn, Ni, Cu, Pb и Co; в почвах - Zn, Pb, в меньшей степени Mo, Cr и Sn. Зона загрязнения захватывала жилые массивы, расположенные в 300-500 м от завода. Площадь ее, фиксируемая по аномальным концентрациям Zn, составляла около 1,9 км^2.

Таблица 47. Химические элементы в снеговой воде и в снеговой пыли в районе электромеханического завода

Компонент	Геохимическая ассоциация (в скобках Кс)
Вода	Cd(16,7)-Cu(11,1)-Zn(7,6)-Ni(3,7)-Pb(1,9)
Пыль	Zn(3,9)-Ni(2,9)-Cd(2)-Cu(1,4)-

Таблица 48. Химические элементы в районе прожекторного завода [150]

Компонент	Пыль, осажденная снегом		Почва	
	мг/кг	Кс	мг/кг	Кс
Ванадий	-	-	34	0,4
Хром	-	-	79	1,7
Кобальт	20	2,8	6	0,8
Никель	190	9,5	19,3	0,9
Медь	170	6,3	-	-
Цинк	650	13	306	6,1
Молибден	-	-	1,5	1,8
Кадмий	2	1	-	-
Олово	-	-	8,5	1,6
Свинец	100	3,8	93	3,6

В атмосферном воздухе вблизи машиностроительных предприятий обнаруживались высокие концентрации тяжелых металлов, причем, как правило, в отдельные дни их уровни превышали фон в десятки и сотни раз (табл. 49).

Таблица 49. Химические элементы (аэрозольная форма) в атмосферном воздухе в зоне влияния машиностроительных предприятий [168]

Металл	мкг/м^3		Кс относительно фона	
	средняя	максимальная	средний	максимальный
Ванадий	0,02	0,39	7	130
Хром	0,09	0,83	15	140
Марганец	0,12	0,90	9	69
Никель	0,04	0,36	10	90
Цинк	0,23	1,85	10	80
Свинец	0,13	0,70	22	117

В общем случае зона загрязнения, формирующаяся в окрестностях машиностроительных заводов, имеет изоморфную структуру. Ядро ее с максимальной концентрацией металлов занимает промплощадки и прилегающие территории в радиусе 200-400 м. Общая зона влияния распространяется почти на 4 км, причем в почвах она прослеживается на меньшей площади (до 1-1,5 км), нежели в пыли, осажденной со снегом. Высокий и опасный уровни загрязнения, отмеченные значениями Zc в почвах > 32 и в снеге > 128, устанавливается на площади в радиусе 1,5 км, что обусловливает формирование неблагоприятной экологической ситуации в жилых массивах, прилегающих к заводам [168].

На некоторых заводах в свое время производились ртутные выпрямители, что не исключало загрязнения воздуха, почв, водных объектов токсичной Hg. Можно предположить, что в окрестностях таких предприятий существуют остаточные зоны ртутного загрязнения. Например, по данным В.З.Фурсова (1998), в Екатеринбурге на заводе “Уралэлектротяжмаш” в 1990 г. в одном из цехов были установлены высокие концентрации паров Hg (281-2380 нг/м^3), используемой при изготовлении ртутных выпрямителей еще в 1947-1972 гг. Не исключено, что контрастные аномалии этого металла будут фиксироваться в строительных конструкциях и почвогрунтах промзоны и ее окружения. Загрязнение рабочих помещений может быть вызвано причинами, не связанными прямо с технологическими процессами. Так, в г. Чехове на вентиляторном заводе из-за пожара были повреждены ртутные термометры, что привело к отравлению нескольких рабочих (Сов. Россия, 14.05.1988).

Интенсивно загрязнены сточные воды предприятий электротехнического машиностроения, особенно стоки гальванических производств,

содержащие Cu, Ni, Cd, Zn, Cr, Na, цианиды, кислоты и др. Например, сточные воды трансформаторного производства загрязнены взвешенными веществами, краской, нефтепродуктами, кислотами, щелочами, солями тяжелых металлов (табл. 50), причем даже после очистки уровни содержания многих поллютантов (органика, ПАВ, тяжелые металлы) остаются высокими.

Таблица 50. Состав сточных вод трансформаторных заводов, мгл/л [192]

Показатель	Сточные воды	
	до очистки	после очистки
Температура (^oC)	90-30	до 25
Взвешенные вещества	200-250	10-15
Эфирорастворимые	150-200	1,5-2
Жесткость общая (мг-экв/л)	4	4
Щелочность общая (мг-экв/л)	9,2	9Б2
pH	4-8	6,5-8
Сухой остаток	1000-1200	1000-1200
Хлориды	40-60	40-60
Сульфаты	20-40	20-40
Хром (3+)	14,3	0,28
Никель (2+)	2,6	0,05
Цинк (2+)	12,6	0,18
Медь (2+)	3,4	0,07
Алюминий (3+)	0,16	0,03
ПАВ	30-50	0,3-0,5
$БПК_5$ ($мгО_2$/л)	170-250	170-250

Как правило, средние и малые города, в которых промышленная инфраструктура представлена преимущественно предприятиями машиностроительного профиля, характеризуются примерно равным соотношением территорий с относительно невысоким уровнем загрязнения и территорий с умеренно опасной степенью загрязнения (примерно по 50% от всей городской территории)-[168]. Тем не менее непосредственно в пределах промплощадок и прилегающих санитарно-защитных зон наблюдаются (небольшие по площади) участки с опасным и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения.

5. 2. Производство электрооборудования и электроаппаратуры

Заводы высоковольтной и низковольтной аппаратуры производят масляные выключатели, воздушные выключатели с литой изоляцией, разъединители, разрядники, комплектные устройства, установочные автоматы, магнитные пускатели, реле управления и др. На заводах электро-

сварочного оборудования изготавливают индукционные нагреватели, высокочастотные установки для индукционного нагрева, контактные машины, автоматы и полуавтоматы для сварки, плазменные установки и т. д. Имеются крупные заводы, выпускающие автотракторное электрооборудование и конденсаторы. Некоторые предприятия специализируются на производстве средств автоматизации, сигнальных и других устройств. В составе заводов по производству электрооборудования и электроаппаратуры присутствуют гальванические цехи, широко используются такие процессы, как закалка, окраска, контактная и точечная сварка, пайка и др. Есть сведения, что в выбросах заводов низковольтной аппаратуры присутствуют значительные количества Mn и Hg [63].

В Москве вблизи завода электромеханической аппаратуры в почвах фиксировалась аномалия, в состав которой входили Pb, Sn, Zn, Cu, Ni, Cr. Аналогичная ассоциация, но с присутствием Cd и “лидерством” Cu отмечалась в почвах в районе завода электромонтажных изделий и завода по ремонту электроподвижного состава. В окрестностях завода электромеханической аппаратуры в воздухе отмечены высокие содержания органических веществ [24]. В снеговом покрове были обнаружены повышенные концентрации W. В почвах около завода автотранспортного электрооборудования наблюдались высокие концентрации Pb (Кс=43), Sn (12), Zn (7), Bi (5), Mo, Co и Ni (1,5-3). В почвах юго-западной части Новгорода, где расположен комплекс электротехнических и электронных производств, выпускающих средства автоматизации, электровакуумные приборы и др., концентрируются Ag, Sn, Pb, W и другие металлы [218]. По значению Zc здесь встречались участки со средним, умеренно опасным (16-32) и с опасным уровнем загрязнения (32-48 и выше).

Специфическое влияние на среду обитания оказывают заводы конденсаторного оборудования. Производство и использование конденсаторов (в том числе, присутствующих в люминесцентных лампах), а также их уничтожение на свалках может сопровождаться загрязнением производственной и окружающей среды многими химическими элементами, содержащимися, например, в металлизированных полимерах-диэлектриках (для металлизации полимеров используют Al, Cu, Zn, Ti, Cd, Cr, Ag, Au, Pt, Sn, Ta, Pb, Co, Fe, Ni, V, Mo), пылью слюды, органическими поллютантами, которые выделяются из нефтепродуктов, красок, растворителей, синтетических полимеров.

Сточные воды заводов по производству конденсаторов отличаются высокими содержаниями металлов, взвешенных веществ, соединений азота и фосфора, фенолпроизводных, сульфатов и др. (табл. 51).

Таблица 51. Состав сточных вод конденсаторных заводов, мг/л [192]

Показатель	До очистки	После очистки
а) Гальваническое производство		
Кислотно-щелочные стоки:		
Серная кислота	10500	pH=7
Азотная кислота	5000	
Борная кислота	10	
Железо	129	2,6
Медь	91	1,8
Цинк	111	2,21
Никель	30	0,6
Кадмий	7,5	0,2
Натрий	4,8	0,1
Хромсодержащие стоки:		
Азотная кислота	250	pH=7
Серная кислота	200	pH=7
Хром	546	3
б) Окрасочное производство (окрасочные камеры)		
Взвешенные вещества	540	-
Краска (кг/м^3)	до 0,2	-
в) Окрасочное производство (агрегаты обезжиривания)		
Взвешенные вещества	30	10
Сода кальцинированная	10	10
Тринатрийфосфат	10	1

Электрический конденсатор - устройство, предназначенное для получения нужных величин электрической емкости и способное накапливать и отдавать (перераспределять) электрические заряды. Конденсаторы бывают постоянной и переменной емкости. В зависимости от типа диэлектрика, материала обкладок и конструктивного исполнения различают конденсаторы бумажные, воздушные, керамические, пленочные, слюдяные, электролитические и др. У бумажного конденсатора обкладки выполнены из фольги, а в качестве диэлектрика используется бумага, пропитанная твердым расплавленным (церезин, хлорнафталин) или жидким (изоляционное масло, совол) веществом. В воздушных конденсаторах диэлектриком служит воздух. Керамические конденсаторы выполняют в виде дисков и трубочек с посеребренной поверхностью для низких или горшкового и бочоночного типов для высоких электрических напряжений. Значительная часть их производится с использованием палладия. В пленочном конденсаторе диэлектриком служит тонкая пленка полистирола, полиэтилена, фторопласта и др. В слюдяном конденсаторе диэлектриком является листовая слюда, а обкладками - фольга или слой напыленного на слюду металла. Электролитический конденсатор содержит в качестве одной из обкладок электролит, а в качестве другой -

металлическую пластину (алюминий и др.), покрытую оксидным слоем. Перспективными являются компактные танталовые конденсаторы. В составе сплавов Та, используемых в производстве конденсаторов, присутствуют Nb, To и другие элементы. В развитых странах до 60-70% всего тантала используется в конденсаторной промышленности. В 1985 г. Японии, например, было выпущено 2210 млн. танталовых конденсаторов; в каждом конденсаторе содержалось до 0,054 г Та.

В России имеется несколько крупных заводов по производству конденсаторов (в Серпухове, Новосибирске, Рязани, Орле, Санкт-Петербурге, Москве, Донском, Острове, Пскове, Сарапуле, Ухте и др.).

5.3. Производство полупроводниковых изделий

Полупроводниковая промышленность выпускает тиристоры, силовые вентили, преобразователи, регуляторы тока и т. п. и характеризуется разнообразием технологических процессов и применяемых материалов и химических соединений. Заводы полупроводниковой техники используют в технологическом цикле различные химические элементы, фотоактивные препараты, органические растворители, смолы, красители, неорганические кислоты, гликолевые эфиры, фосфористый и мышьяковистый водород, газообразные соединения и др. Как правило, в составе заводов присутствуют цеха гальваники, окрасочное производство, широко применяются процессы пайки, травления, обезжиривания, фосфорной диффузии. Выбросы, стоки и отходы заводов отличаются высокими содержаниями тяжелых металлов, Se, As, органических веществ. В свое время на заводах полупроводниковой промышленности производились разнообразные газоразрядные приборы с ртутным катодом (ртутные вентили, газотроны, тиратроны), инверторы, коммутаторы, что сопровождалось загрязнением рабочей и окружающей среды ртутью.

Исследования, выполненные на Саранском заводе “Электровыпрямитель”, показали, что в пылях, образующихся при технологических процессах, и в почвах промзоны концентрируется широкий комплекс химических элементов (табл. 52). Специфика воздействия данного производства проявляется в высоких концентрациях Cd, Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, W, типично присутствие в почвах повышенных содержаний F и P.

В производстве выпрямителей и фотоэлементов достаточно широко используются селен (селеновые выпрямители и селеносодержащие фотоэлементы). Работники производства выпрямителей могут подвергаться воздействию дымов и пыли Se (элементарный Se и различные количества диоксида Se, единственного оксида Se, обнаруженного в про-

мышленной среде)-[175]. К числу соединений Se, контакт с которыми вероятен, относятся также селеновая пыль и селенистый водород. Например, в производстве селеносодержащих фотоэлементов путем вакуумного нанесения фоточувствительного слоя концентрации Se и его диоксида в воздухе рабочей зоны достигали 2 и 0,1 мг/м^3 (фон - < 0,04 нг/м^3) соответственно [174].

Таблица 52. Химические элементы в пылях и почвах завода полупроводниковых изделий

Компонент	Кс относительно фона в почвах			
	100-30	30-10	10-3	1,5-3
Пыль технологическая	Cd-Mo-Cu	Cr-Pb-Co-Ni	Ag-Zn	Mn
Пыль из рабочих помещений	Pb-Mo-Zn-Cd		Cu-Cr-Fe	Co
Почвы промзоны	Mo	Cd-W-Cu-Ag	Sn-Hg-Pb-Ge-Bi-F-Be-P-Zn	B-Co-V

Клинические наблюдения за рабочими в возрасте 30-50 лет, которые подвергались воздействию Se в течение 3-16 лет, выявили развитие у них симптомов хронического отравления этим элементом и его диоксидом. Люди жаловались на боли в правом подреберье, диспепсические симптомы, чрезмерную утомляемость, одышку, слабость, бессонницу, кашель; у некоторых были установлены хронический бронхит или умеренная эмфизема, были найдены признаки гиперфункции щитовидной железы. Почти у всех больных имелись различные нарушения со стороны печени и ЖКТ, проявлялись астеновегетативный синдром, пигментация экспонированных участков кожи. У большинства рабочих, подвергающихся воздействию Se, наблюдался сильный запах чеснока изо рта (при концентрациях Se в моче 0,5-0,1 мг/л). Запах исчезал в течение нескольких дней после прекращения экспозиции [110]. У рабочих, занимавшихся электрическими испытаниями выпрямительных плат, отмечались нарушения функции печени и высокая концентрация Se в крови [175].

Воздействие селена на население в связи с техногенным загрязнением изучено слабо. О токсикологическом потенциале Se для людей в определенной мере можно судить на основании исследований, проведенных на лабораторных животных, и изучения относящихся к данному вопросу случаев при промышленных авариях. Хотя любая экстраполяция требует осторожности, поскольку аварии является чрезвычайно кратковременным, хотя и очень мощным воздействие, но такое воздействие не всегда типично.

Достаточным опасными с позиций воздействия на рабочих являются процессы фосфорной диффузии (используется особо чистый фос-

фор) в полупроводниковом производстве. Известны многочисленные примеры чрезвычайно негативного воздействия фосфора на организм профессиональных рабочих.

Наиболее водоемкими технологическими процессами на заводах полупроводниковой техники являются получение электронно-дырочных переходов и гальваническое покрытие деталей вентилей, на которые расходуется до 46% общего потребления воды на технологические нужды [192]. Вода используется на промывку изделий, приготовление деионизированной воды и др. Стоки от получения электронно-дырочных переходов и чистовой сборки характеризуются высокими содержаниями взвешенных веществ (шлифпорошки, кремний), битума, пицеина, плавиковой кислоты, щелочей; в стоках гальванического цеха присутствуют значительные количества Zn (200 мкг/л после очистки), Cr (2300), Cd (20), Ni (900), Cu (200), Na (100-200), сульфаты, цианиды, неорганические кислоты. Шламы, образующиеся на локальных очистных сооружениях обогащены тяжелыми металлами, фосфором, Se, F, органическими соединениями. Например, в шламах упомянутого выше завода “Электровыпрямитель” фиксировалась следующая ассоциации элементов (табл. 53).

Таблица 53. Химические элементы в шламах завода “Выпрямитель”

Кс относительно фона в почвах					
> 300	100-300	30-100	10-30	3-10	Zc
Mo-Cd-Bi-Sn-Ag	Cu-Zn	Ni-W-F	Cr	B-Pb	4650

Ежегодно на очистных сооружениях завода образуется более 900 т шлама, в котором содержится до 12 т Zn, более 7 т Cu, более 3 т Ni, около 2 т Sn, 1,5 т Mo, 0,4 т Cd, 0, 02 т Ag. За более чем 50-летний период функционирования предприятий на городскую свалку со шламом были вывезены сотни тонн тяжелых металлов.

5.4. Производство электротехнических материалов

На заводах по производству электроугольных изделий изготовляют электрощетки, электроугли, графитированные и угольные электроды, электродный графит и др. Заводы электроизоляционных материалов специализируются на выпуске миканитов, слоистых пластиков, лакоткани, лаков, смол. Заводы электротехнического фарфора довольно часто изготовляют также и электроустановочные изделия. Имеются предприятия, выпускающие электроустановочных изделий из пластмассы и подобных

материалов. Электротехническое, светотехническое, электроизоляционные и электровакуумное стекло обычно производят в специальных цехах, входящих в состав крупных светотехнических заводов.

В производстве изоляционных материалов применяются армированные пластики - композиционные материалы на основе полимерного связующего и упрочняющего наполнителя [212]. В качестве связующего материала используют синтетические смолы, кремнийорганические полимеры, полиамиды, полимииды изоляционные лаки, очень токсичны), фторопласты и пр. На изготовление электроустановочных изделий в больших масштабах расходуются пластмассы и смолы, в том числе на основе формальдегида (вещество, вероятно канцерогенное для человека), который способен поступать в окружающую среду как в ходе переработки пластмассовых материалов, так и при их утилизации. В производстве корпусов приборов, выключателей, штепсельных розеток, патронов и т. п. применяют пластмассы на основе аминоальдегидных смол (аминопласты), в состав которых входят целлюлоза, тальк, асбест, древесная мука, стеклянное волокно, модифицирующие добавки (органические) и смазочные вещества (стеарин, стеараты Zn, Mo, Al), пигменты (обогащены Ba, Ni, Co, Pb). Для изготовления высоковольтных деталей, штепсельных разъемов, корпусов катушек реле, держателей угольных щеток применяется полибутилентерефталат, способный выделять в воздух фталаты и другие органические соединения. Используемые вредные вещества способны поступать в окружающую среду как в ходе производственных процессов, так и при использовании и утилизации электроустановочных и электроизоляционных изделий и материалов, электротехнических приборов и т. п. Сточные воды заводов этой группы отличаются повышенными содержаниями щелочей, взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов, некоторых металлов, эфирорастворимых соединений, органических растворителей, фенолов и др. [192].

В электротехнической промышленности широко используется техническое стекло (электротехническое, светотехническое, электроизоляционное, электровакуумное), которое, кроме диоксида кремния, может содержать соединения Pb, Cd, Ti, V, Ce, B, Ba, Li, Zn, Cu, Sb, Se, As, Cr, Fe и др. элементов. Традиционная технология промышленного способа получения неорганического стекла состоит в подготовке сырьевых материалов, приготовлении шихты, варке, формовании изделий, отжиге, обработке. Оксид свинца обычно вводят в шихту в виде сурика, глета или силиката свинца. В качестве осветлителя могут применять As_2O_3. Варку стекла проводят в печах непрерывного действия при высоких температурах (до 1200-1600^oC). Выбросы стекольного производства обогащены

многими химическими элементами и часто являются мощными источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, особенно Pb. Например, эмиссия Pb на Саранском заводе специальных источников света и электровакуумного стекла достигала в свое время 50-60 т в год. Сточные воды стекольных производств отличаются высоким содержанием сульфатов, хлоридов, Fe, Ca, Mg, тяжелых металлов.

Специфическое загрязнение среды обитания фиксируется в окрестностях заводов по производству электродов, электродного графита, катодов и т. п. Так, в 80 км к югу от Новосибирска, в пос.Линево, расположен Новосибирский электродный завод (~ 4300 рабочих), выпускающий графитированные и угольные электроды, электродный графит, катоды, графитовые изделия и др. Функционирует он с 1974 г. Считается, что завод вносит основной вклад в загрязнение окружающей среды Новосибирской области полициклическими ароматическими углеводородами, прежде всего, бенз-а-пиреном [182]. Выброс смолистых веществ формируется в основном от источников в цехе обжига и производится через две трубы высотой 180 м. Согласно имеющимся данным [146], загрязнение снегового покрова бенз-а-пиреном прослеживается на расстояние до 20 км от завода. Содержания этого поллютанта в снеговой воде составляли 100 мкг/л вблизи предприятия, 10 - на удалении в 5 км, менее 0,1 мкг/л - на расстоянии в 20 км. Наиболее высокие концентрации бенз-а-пирена в почвах фиксируются в ближней зоне - до 2 км, относительно плавно снижаясь при удалении. Концентрации поллютанта в пробах, взятых на крутых склонах долин, оказались сравнительно невысокими, что связано с его более активной миграцией в составе поверхностного стока. Концентрации поллютанта в ближней зоне достигали 10000-20000 мкг/кг и более и снижались до 20 мкг/кг при удалении в 8 км от завода. Расчеты, выполненные авторами цитируемой работы, показали, что в почвах в радиусе 2 км от завода запасы бенз-а-пирена составляют 6,7 т. Ежегодная эмиссия этого соединения заводом оценивается в 400 кг [183].

Необходимо отметить, что с графитом, используемым (часто в виде смеси с Al, Mg, Pb) для производства электродов и нагревательных элементов электропечей, электрощеток и электроуглей, скользящих контактов и колец для электромашин, анодов и сеток в ртутных выпрямителях, в электрических приборах и аппаратах, в гальванических элементах, могут быть связаны негативные воздействия на рабочих соответствующих производств. При длительном контакте с техническим графитом возможно развитие хронического бронхита, эмфиземы легких, графитового пневмокониоза. Известно неблагоприятное влияние графитовой пыли на состояние ЛОР-органов (атрофические фарингиты, риниты).

6. Экологические аспекты производства и использования бытовых химических источников тока

В настоящее время в мире выпускается большое количество разнообразных химических источников тока (ХИТ), широко применяемых в бытовых целях. Наиболее распространены так называемые сухие гальванические элементы (СГЭ), или сухие батареи (СБ), объемы производства и потребления которых постоянно увеличиваются. Большое значение имеет использование ХИТ в связи с компьютеризацией, ростом количества разнообразной бытовой техники, а также с переходом радио- и телекоммуникаций на автономное питание, что, в частности, резко повышает мобильность связи и снижает энергозатраты.

6.1. Характеристика изделий

Химические источники тока состоят из одного или нескольких гальванических элементов [134;201;222]. Последние представляют собой устройство, вырабатывающее электрическую энергию в результате преобразования химической энергии окислительно-восстановительных реакций. Главные составные части гальванического элемента - электролит и два разнородных электрода, один из которых содержит окислитель, другой - восстановитель. Среди ХИТ различают первичные элементы (одноразового пользования, к которым относится большая часть используемых в быту элементов) и батареи из них, а также вторичные элементы (электрические аккумуляторы и аккумуляторные батареи) и топливные элементы. Бытовые ХИТ содержат Hg, Pb, Cd, Cu, Ag, Zn, Ni, Mn, K, Li, Fe, различные химикалии, пластмассы, смолы.

Первичный элемент состоит из отрицательного (чаще всего из Zn) и положительного (Cu, угля, оксида металла) электродов, погруженных в жидкий или пастообразный (СБ) раствор электролита. Металлическая ртуть входит в состав электродов нормальных элементов, свинцово-цинковых ХИТ; HgO присутствует в качестве деполяризатора в ртутно-цинковых, ртутно-индиевых (наиболее миниатюрных) батареях; Hg используется также при производстве ряда других ХИТ, например, для получения амальгамы Zn [222]. Примерно 10% первичных элементов (СГЭ) относятся к собственно ртутным (ртутно-цинковым), а остальные являются цинково-углеродными, щелочными марганцево-цинковыми, кадмий-никелевыми и др. [97;125;299;321]. Известны хлор-цинковые первичные ХИТ, а также системы на основе Li-CuO, Li-$FeSO_2$ и др. В России дли-

тельное время производили преимущественно марганцево-цинковые батареи, в меньшем количестве - ртутно-цинковые батареи.

В ртутно-цинковом элементе положительный электрод выполнен из оксида Hg с графитом, отрицательный - из металлического Zn с добавкой Hg, а электролитом служит раствор едкого кали и оксида Zn. Каждая ртутно-цинковая батарея содержит до 25% (по весу) Hg [97] или (в зависимости от ее размера) от 0,2 до 1 г Hg [272;321]. Ртутные и ртутно-цинковые батареи применяются в слуховых аппаратах, часах, экспонометрах, микрокалькуляторах и т.п. Кадмий-никелевые батареи и аккумуляторы используются в перезаряжаемых карманных фонариках, слуховых аппаратах, калькуляторах, в спутниках, космических летательных аппаратах и др. В них активным веществом положительного электрода является гидроксид Ni, отрицательного - гидроксид Cd. В щелочных марганцево-цинковых батареях (некоторые их разновидности в обиходе называют "круглыми") отрицательным электродом является диоксид Mn и графит, положительным - амальгамированный Zn. В нашей стране они начали выпускаться в 1973 г. Батареи содержат ~ 0,2% Hg (при средней массе 50 г, т.е. один элемент в среднем содержит ~ 0,1 г Hg). Используются они в радиоприемниках, магнитофонах, фонарях, игрушках и т.п. В цинково-серебряных батареях содержится ~ 1% Hg (в амальгаме), а в углеродно-цинковых батареях имеется бумага, которая пропитывается оксидом Hg.

6.2. Гальванические элементы как источники поступления ртути и других поллютантов в окружающую среду

Во многих странах длительное время на производству различных батарей использовалось значительное количество ртути, объемы потребления которой не уступали таковым в химической промышленности. Например, в США в 1974 г. в хлорно-щелочной промышленности было использовано 582 т ртути, а в производстве ХИТ - 613 т, в 1985 г. 511 т и 650 т соответственно [111]. В странах Зап. Европы ежегодно потребляется не менее 4 млрд. СГЭ [22]. В ФРГ для изготовления ХИТ ежегодно расходуется 60 т Hg (при уровне производства в 500 млн. штук батарей ежегодно)-[125], т.е. на изготовление одной батареи в среднем затрачивалось ~ 120 мг металла. Ежегодный оборот таких батарей в стране оценивается в 25 млн. штук, с которыми на свалки поступает ~ 20 т Hg. В Бельгии ежегодно выпускается до 20 млн. батарей, причем ~ 70% отслуживших свой срок попросту выбрасываются, что приводит к поступлению в окружающую среду > 7 т Hg (Энергия, 1988, № 6), или ~ 0,5 г с каждой

батарейкой. В Великобритании в 1982 г. на производство СБ было использовано примерно 95-110 т Hg (18-20% от общего потребления в стране), из которых 2 т попали на свалки, примерно 42-53 т поступило в муниципальные отходы и около 18-21 т было извлечено при переработке использованных батарей [271]. В Швейцарии в конце 1980-х гг. ежегодно собиралось ~ 20 тыс. т использованных батареек и аккумуляторов [238]. В США в 1986 г. 24% (в 1988 г. - 34%) от общего потребления (4519 т) Cd и 45% от общего потребления (1846 т) Hg использовались для производства различных батарей [121;310]; в 1965 г. на производство ХИТ затрачивалось 279 т, в 1979 г. - 1060 т Cd [111]. В конце 1980-х гг. в США производилось 60% от общего числа первичных щелочных элементов с MnO_2 катодом, в Японии - 20%, в Зап. Европе - 14%, в Китае - 2% [320]. В Японии в 1989 г. > 80% всего потребляемого в стране Cd затрачивалось на производство ХИТ; в мире в это время потребление Cd оценивалось в 18407,3 т; половина этого количества использовалась в производстве ХИТ [121]. Мировое производство марганцево-цинковых элементов составляет 8-10 млрд. штук в год [206]. Поскольку во многих их разновидностях присутствует Hg, то ее эмиссия в среду обитания с этими изделиями может достигать десятки и даже сотни тонн в год.

В Японии только в период с 1974 г. по 1984 г. производство батарей возросло более, чем в 10 раз, причем 30% из них экспортировалось, а остальное количество потреблялось внутри страны [272]. По данным С.Гото [261], в 1979 г. общее количество Hg, содержащейся в батареях, в целом по стране оценивалось в 144,3 т. В 1982 г. количество Hg (от СГЭ) в бытовых отходах составило 21,25 т; в 1992 г. ее количество сократилось на 40%, причем в атмосферный воздух при сжигании отходов попало 6,91 т металла, а в водные системы - 0,05 т [321]. В последнее время в Японии в течение года на свалки попадало до 1,8 млрд. шт. СГЭ. Во Франции ежегодно расходуется ~ 40 т миниатюрных ХИТ для наручных часов, содержащих Hg и оксид Ag (Наука и жизнь, 1989, № 3).

Марганцевые батареи обычно служат один год, после чего 60% из них приходит в негодность, два года служат только 20% элементов, а 3 года - всего 10%. Ртутные батарейки имеют значительный срок службы, небольшие размеры, дают стабильное напряжение, большую разрядную емкость на единицу объема, являются стабильными в широком интервале температур. В последние годы ведутся активные работы по снижению содержания Hg в батареях и замене ее другими, менее вредными для окружающей среды компонентами (In, Zr, Y, Ga, Mg, Li, фторированные полимеры, водород и др.). С конца 1970-х гг. за рубежом наблюдается рост производства и применения литиевых первичных гальванических

элементов, диапазон использования которых непрерывно расширяется [159]. Высокая эффективность использования Li в ХИТ обусловлена благоприятным сочетанием его наиболее отрицательного из всех металлов электродного потенциала и малого атомного веса, что позволяет создавать батарейки с высокой удельной энергией (в 4-6 раз большей, чем у стандартных ХИТ). Литиевые батареи небольшие, характеризуются большим сроком службы (до 10 лет), широким диапазоном рабочих температур, имеют вдвое большее рабочее напряжение (чем у многих традиционных); саморазряд у них - доли процента (у других типов батарей - от 5 до 20%). В США, например, потребление Li в производстве первичных батарей возросло от 7-8 т в конце 1970-х гг. до 45 т в 1983 г. [122]. В настоящее время в Японии, США, Южной Кореи и других странах строятся крупные заводы по производству литиевых батарей. Фирма Ralston Energy Systems осуществляет мероприятия по замене ртути литий [277]. Первые партии батареек такого типа (1,5 V/AM 3) уже поступили на мировой рынок в 1991 г. Основными факторами, сдерживающими широкое распространение литиевых батареек, являются высокая стоимость (в3-4 раза выше, чем у обычных ХИТ) и проблемы безопасности при эксплуатации [94]. В последние годы в России возникло несколько предприятий по выпуску отечественных литиевых батарей; известна программа Госкомвуза РФ “Литиевые источники тока”. Французская фирма "Водэ" и бельгийская “Атокем” создали СБ, в которых Hg заменена фторированным полимером (перфтористым полиэтоксидом). Эти батареи с напряжением 1,5 В при непрерывной работе имеют втрое больший срок службы, чем цинково-углеродные элементы (Энергия, 1988, N 3). В США созданы новые модели кадмий-никелевых батарей, обладающих высокими рабочими характеристиками. Фирма Sanyo Energy (штат Калифорния) начала выпуск ХИТ с выходным напряжением 1,2 В, при емкости 600 мА-ч. Плоская прямоугольная форма их позволяет более экономно, чем у цилиндрических аналогов, использовать объем, отводимый в аппаратуре для источников питания, При такой же цене, как прежняя батарея емкостью 550 мА-ч, новая батарея имеет лучшие характеристики и меньшую стоимость на ватт-час емкости (Design News, 1989, 45, № 14, p. 44).

Японские исследователи [309], изучившие выбросы Hg от мусоросжигательных устройств в административном районе Вард в г.Токио, установили, что с 1985 г. фиксируется снижение количества этого металла в СБ, а с 1991 г. содержание ее в них упало практически до нуля. Вместе с тем, за этот период число гальванических элементов питания, потребляемых в Японии, возросло в 1,25 раза. При избирательной проверке твердых бытовых отходов в 1988 и 1992 гг. было обнаружено, что в среднем

батарейки попадают в отходы спустя 18 месяцев после их изготовления. Марганцевые и щелочно-марганцевые батареи составляют 60-70% от всех сухих элементов, входящих в состав отходов. Проверка наличия Hg в батарейках, попавших в отходы в 1993 г., показала практически полное ее отсутствие. Среднее содержание металла на выходе из системы газоочистки мусоросжигательных установок снизилось с 0,25 до 0,08 мг/м^3, при этом особенно резко уменьшились пиковые концентрации (> 0,3 мг/м^3). По данным министерства по охране окружающей среды Швеции [310], 35% от общего количества Hg, содержащейся в подземных водах, приходится именно на "батарейную" ртуть, поступающую в среду обитания при сжигании отходов. Удаление батареек из отходов, сжигаемых на Стокгольмской мусоросжигательной станции, позволило снизить на 80% уровень содержания Hg в отходящих газах. Показательно, что в Японии ртуть, присутствующая в бытовых отходах, на 77% связана с вышедшими из строя гальваническими элементами [321]; во Франции из общего количества Hg, присутствующей в бытовых отходах, более 80% приходилось на использованные батарейки (Энергия, 1988, № 3). Таким образом, в промышленных странах основная масса Hg (~ 80%) в бытовых отходах обусловлена присутствием в них СГЭ. В США > 50% Cd, находящегося в городских отходах, попадает в составе кадмий-никелевых батарей. Даже несмотря на то, что, например, в 1986 г. в стране ~ 80% батарей использовалось повторно, они продолжают занимать ведущее место в загрязнении отходов тяжелыми металлами (Toxic Subst. J., 1989, 9, № 2-3).

В Финляндии с различными отходами на свалки и в отвалы в начале 1990-х гг. поступало около 170 т Cd в год [282]. Из этого количества 18 т/год (> 10%) было связано с кадмий-никелевыми батарейками и другими ХИТ, потребление которых к началу 1990-х гг. выросло в 4 раза по сравнению с 1980 г. В 1992 г. эмиссия Hg с бытовыми отходами и батареями оценивалась в стране в 1,6 т/год [287]. В ФРГ ежегодно для производства кадмий-никелевых батарей затрачивается около 240 т Cd, из них 39-53 т на батареи для небольших приборов и изделий [125]; в 1973 г. на производство кадмий-никелевых батарей в стране было использовано 470 т этого металла [279]. Согласно некоторым расчетам, из гальванических элементов, произведенных в Японии в 1981 г., можно было извлечь Hg более 135 т, Zn - > 24000 т, Fe - ~ 23000 т, Ag - ~ 70 т, диоксида Mn - > 23000 т, Pb - 28 т, Cd - 9 т [100].

В России имеется несколько крупных заводов по производству гальванических элементов (гг. Верхний Уфалей, Волгоград, Вязьма, Елец, Краснодар, Красноярск, Куса, Ленинск-Кузнецкий, Новосибирск, Рязань и др.). До недавних пор в стране ежегодно выпускалось около 800 млн.

СБ [97], которые практически в течение одного года выходили из строя и попадали на свалки. При указанном годовом выпуске батарей и средней массе элемента около 50 г на свалку поступало 50 т Hg, ~ 15 тыс. т диоксида марганца, 7,5 тыс. оксида цинка, 5 тыс. т щелочи, 20 тыс. т Fe. Около 10% от объема выпускаемых батарей представляет собой технологический брак. Например, на одном из заводов в Рязанской области в виде бракованных гальванических элементов накопилось около 7 тыс. т отходов [97]. Оценка предприятий, производящих ХИТ (Новосибирский конденсаторный завод и завод "Кузбассэлемент"), как источников загрязнения окружающей среды показала, что ежегодно они суммарно поставляют во внешнюю среду ~ 0,77 т Hg [224;225]. Около 72% этого количества присутствует в твердых отходах, подлежащих захоронению, 40 кг поступает в атмосферу, а 60 кг в водную среду. Указанные параметры эмиссии Hg в атмосферу сопоставимы с поставкой ее современными заводами по производству люминесцентных ламп [235].

В Россию импортируется значительное количество различных бытовых ХИТ. Особенно возрос импорт этих изделий в последние годы. Если предположить, что они содержат такое же количество Hg, как и производимые в России, то масса "импортируемого" поллютанта может составлять не менее 50 т. Таким образом, общее количество Hg, поступающее в окружающую среду с СГЭ в пределах России может достигать 100 т/год. Хотя следует отметить, что определенное количество импортных ХИТ не содержат, например, Hg и Cd, по крайней мере, так указывается на этих изделиях. Тем не менее, если исходить из имеющей информации, щелочные батареи, например, могут содержать ~ 0,15%, а солевые - до 1% Hg.

Поллютанты, присутствующие в ХИТ, после использования последних практически не контролируются, батареи в лучшем случае захороняются на свалках (необорудованных), а бытовые отходы, включающие их, часто сжигаются. Все это способствует быстрому включению загрязняющих веществ в природные миграционные потоки.

6.3. Особенности воздействия предприятий по производству ХИТ на среду обитания

Имеющиеся данные свидетельствуют об интенсивном загрязнении ртутью воздуха рабочей зоны заводов по производству элементов питания на всех этапах работы с этим металлом: приготовление анодной массы, заполнение ею элементов питания, их сборка, проведение ремонтных работ [80[. Приготовление анодной массы складывается из фильтрации,

взвешивания Hg и перемешивания композиционных материалов. Как правило, фильтрацию и взвешивание осуществляют в вытяжных шкафах, а остальные технологические операции проводят на оборудовании, не имеющем местных отсосов. Сборка элементов питания проводится на автоматических линиях, на которых происходят заполнение корпуса элемента анодной массой и его герметизация. Автоматические линии не оборудованы местными вытяжными устройствами. Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция имеется во всех производственных помещениях. Рассмотренная ситуация, видимо, типична для российских заводов.

Исследования распределения паров ртути в воздухе рабочей зоны производственного помещения для изготовления анодной массы установили достаточно высокий уровень загрязнения этим металлом (табл. 54). Характерной особенностью является стабильное превышение уровня ПДК, но при ярко выраженной вариации концентраций ртути. Наиболее высокое содержание Hg в воздухе наблюдалось в процессе осуществления загрузки металла в смеситель, а также при перемешивании и выгрузке анодной массы. Тем не менее наиболее опасные с гигиенических позиций стадии технологического процесса обычно длятся минуты, поэтому их вклад в дозовую нагрузку работающих незначителен (средние концентрации значительно меньше максимальных значений).

Технологические операции при наполнении элементов питания анодной массой и их сборка сопровождаются значительно меньшим уровнем загрязнения парами Hg воздуха рабочей зоны по сравнению с приготовлением анодной массы. Тем не менее также фиксируются случаи превышения установленной ПДК (табл. 55). Наиболее опасной процедурой является ремонт линии сборки батарей питания. Поскольку в состав анодной массы элементов питания входят также Zn и карбоксиметилцеллюлоза, то следует ожидать достаточно интенсивного загрязнения рабочей среды этим металлом и органическими соединениями.

Таблица 54. Ртуть в воздухе помещения для изготовления анодной массы

Технологическая операция	Число проб		Hg, мг/м^3	
	Всего	> ПДК	Интервал	Среднее
Фильтрация Hg	13	6	0,0-0,050	0,001
Взвешивание Hg	20	10	0,0-0,100	0,020
Загрузка Hg в смеситель	8	8	0,059-0,760	0,212
Перемешивание анодной массы	24	10	0,0-0,070	0,011
Выгрузка анодной массы	13	6	0,0-0,100	0,010
Набивка дозаторов	10	4	0,001-0,023	0,009
Мытье деталей смесителя	12	1	0,0-0,052	0,005

Примечание: ПДК ртути в воздухе рабочей зоны = 0,01 мг/м^3.

Таблица 55. Ртуть воздухе помещения сборки элементов питания

Технологическая операция	Место отбора проб	Число проб		Hg, мг/м^3	
		Всего	> ПДК	Интервал	Среднее
Дозировка анодной массы и калибровка элементов	Линия сборки элементов Д-11,6	24	10	0,002-0,039	0,012
	То же, Д-7,9	18	0	0,0-0,008	0,003
	Кондиционер	16	4	0,0-0,026	0,008
	Дверь в коридор цеха	8	5	0,004-0,031	0,014
Ремонт механизмов линии сборки	Линия сборки элементов Д-11,6	10	10	0,058-0,160	0,119
	Кондиционер	5	5	0,066-0,011	0,088
	Дверь в коридор цеха	5	5	0,110-0,140	0,125

Исследования, выполненные на элементном заводе, расположенном в г.Елец (Липецкая область, более 2300 рабочих) и производящем два типа батарей - ртутно-цинковые и марганцево-цинковые, также установили высокий уровень загрязнения производственной среды [144]. Изучение состава воздуха и смывов в рабочих помещениях цехов по производству ртутных батарей показало, что количество паров металлической Hg и оксида Hg в воздухе рабочей зоны в 25 раз превышает уровень ПДК; в смывах с рук, одежды, со стен и пола содержания металла составляли 1 мг/дм^2. В воздухе цехов по производству марганцево-цинковых батарей его уровень достигал двух ПДК. Ртуть на заводе обнаружена во всех помещениях, что обусловлено переносом ее с материалами, изделиями, на одежде рабочих и т.п. У рабочих были отмечены случаи профессионального отравления, которые преобладали над другими профзаболеваниями. Доля влияния Hg на показатели заболеваемости с временной нетрудоспособностью составляет 19,4% и является наибольшей по сравнению с другими производственными факторами. В 1991 г. Елец был включен в перечень городов России, имевших по одному-трем веществам максимальные разовые концентрации > 10 ПДК [116].

Специалистами Норвежского сельскохозяйственного университета проведены исследования загрязнения окружающей среды в зоне влияния завода по производству СГЭ (г. Дар-эс-Салам, Танзания), на котором в технологическом процессе используется $HgCl_2$ [306]. Установлено, что концентрация Hg в поверхностных водах изменялась в пределах от 0,2 до 5,2 мкг/л, причем пробы, взятые в разные дни, имели различные по величине ее максимальные концентрации. Уровни паров Hg в атмосферном воздухе составляли ~ 4 мкг/м^3 во все дни опробования, а в почвах вблизи завода - колебались в пределах 6,7-472 мг/кг, максимальные из которых

были приурочены к местам свалки заводских отходов (в основном представленных бракованными батареями). Содержание Hg в почвах в районе завода с наветренной стороны снижалось по мере удаления от предприятия и составляло на расстоянии 2 км ~ 1 мг/кг. С подветренной стороны ее концентрации резко уменьшались уже на расстоянии в 100-200 м от завода. Приводимые данные свидетельствуют об интенсивном загрязнении окружающей среды Hg, обусловленного деятельностью завода.

Загрязнение окружающей среды в районе заводов по производству ХИТ, несомненно, будет связано не только с поступлением Hg, но также Zn, Cd, Pb, Ag, Mn, других химических элементов и соединений, в том числе органических. Например, в районе завода "Программатор" (г. Вязьма Смоленской области, 400 рабочих), выпускающего серебряно-цинковые элементы (~ 64 тыс. шт.), в почвах в повышенных содержаниях присутствовали Pb (Кс относительно фона=18), Zn (4), Cu(4), Sn (3), Ag (3), B (1,5). В Канаде в окрестностях завода по производству батарей концентрации As в листьях деревьев находились в пределах 16-387 мг/кг сухой массы, тогда как фоновые уровни этого химического элемента в древесной растительности составляют в среднем 0,009-1,5 мг/кг сухой массы [75]. В донных отложениях водотока Фаундри-Ков (шт. Нью-Йорк, США) содержания Cd были в пределах 3000-50000 мг/кг, что явилось следствием поступления стоков с завода по производству кадмий-никелевых батарей [111].

Обычно на заводах по производству СГЭ вода питьевого качества используется для приготовления электролитов-паст и в гальванических отделениях для промывки деталей [192]. Техническая вода идет на различные производственные нужды. В сточных водах в высоких содержаниях присутствуют взвешенные вещества, Fe, тяжелые металлы (Ni, Zn, Pb, Hg, Ag, Mn и др.), кислоты (или щелочи) и другие поллютанты.

6.4. Краткие выводы

Эколого-геохимические особенности воздействия заводов по производству бытовых ХИТ изучены слабо. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что они могут поставлять в среду обитания Hg, Zn, Cd, Ag, Mn, некоторые другие химические элементы, кислоты, щелочи, органические соединения. Это следует учитывать при разработке экологических программ и при проведении соответствующих исследований в районах размещения таких производств. В промышленных странах СГЭ являются основными источниками загрязнения городских отходов Hg и Cd.

Производство ХИТ, где в технологическом цикле используется Hg, является источником повышенной гигиенической и экологической опасности, что подтверждается данными по концентрированию этого металла в организме человека и профессиональным заболеваниям, фиксируемых у работников предприятий. Общее количество Hg, поступающее в окружающую среду с СГЭ, производимых на заводах России, составляет не менее 50 т в год; примерно такое ее количество, вероятно, поступает с импортируемыми в России батарейками.

Отработанные ХИТ в России не утилизируются; они в лучшем случае захороняются на свалках, как правило, не оборудованных для хранения токсичных отходов, что способствует быстрому включению поллютантов, содержащихся в батареях, в природные миграционные потоки. Отработанные ХИТ могут рассматриваться как потенциальные источники для вторичного извлечения Hg, Zn, Ag, Cd и ряда других компонентов.

7. Электротехническая промышленность и загрязнение среды обитания органическими поллютантами

В настоящее время известно около 2 млн. искусственных органических соединений, ежегодно синтезируется еще около 250 тыс. новых веществ. В промышленных масштабах выпускается ~ 70000 органических веществ, объем производства которых достигает сотен миллионов тонн в год. Например, годовое производство 6 соединений (этилен, пропилен, бутадиен, бензол, толуол, ксилол) превышает 25 млн. т [263]. Около трети органических соединений в конечном счете попадает в окружающую среду. Большинство из них являются ксенобиотиками и отличаются высокой опасностью для живых организмов и биосферы в целом.

С деятельностью электротехнических заводов и использованием электротехнических изделий могут быть связаны серьезные эколого-гигиенические проблемы, обусловленные загрязнением окружающей среды органическими соединениями. Особенно велико потребление в электротехнике органических веществ в виде (в составе) диэлектриков, растворителей и обезжиривателей (ксилол, толуол, спирты, кетоны, перхлорэтилены, ацетаты, бензины, керосин и др.), изоляционных масел, органических лаков, красок, пластиков, синтетических смол и восков, битумных лаков и пигментированных материалов на их основе, синтетических бумаг, химических волокон, изоляционных материалов и др.

Проблема загрязнения производственной и окружающей среды в связи с деятельность электротехнических заводов и использованием и

эксплуатацией различных изделий представляется достаточно актуальной. Естественно, что идентификация всех органических соединений, присутствующих в выбросах, стоках, отходах и изделиях, практически невозможна. В какой-то мере это может решаться путем учета их суммарного содержания или определением наиболее типичных, показательных и опасных органических поллютантов [273]. В частности, с этих позиций особый интерес представляют хлорорганические соединения.

7.1. Эколого-гигиенические аспекты загрязнения окружающей среды ПХБ

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) в коммерческом варианте представляют собой сложные и очень стойкие к деградации в условиях окружающей среды смеси. Способность живых организмов аккумулировать ПХБ, особенно в жировой ткани, приводит к тому, что они эффективно перераспределяются по пищевым цепям. В случае попадания в организм в больших количествах эти соединения могут приводить к поражению печени, селезенки и почек. Предполагается наличие у ПХБ канцерогенных и мутагенных свойств. Загрязнение окружающей среды ПХБ при их достаточно широком распространении во всем мире представляет существенную опасность для человека и других живых организмов. В настоящее время они являются глобальными поллютантами, обнаруживаемыми практически во всех природных средах. Во многих странах ПХБ включены в списки приоритетных загрязняющих веществ.

7.1.1. Общая характеристика ПХБ

ПХБ составляют целый класс хлорированных углеводородов и производятся путем прогрессирующего хлорирования бифенила в присутствии подходящего катализатора (путем замещения атомов водорода на атомы хлора). Они включают 10 гомологов (по числу атомов хлора) и более 200 изомеров [135]. Теоретически показана возможность существования 209 изомеров ПХБ и родственных соединений [293]. Номенклатура, описывающая 209 изомеров и гомологов ПХБ, была в свое время предложена профессором Балльшмитером из Университета г.Ульма (ФРГ) [5]. Имеется много торговых названий смесей ПХБ с другими соединениями, содержащих от 32 до 62% хлора [136]. Так, препараты ПХБ известны под названиями «Арохлор» (США), «Фенохлор» (Франция), «Хлорфен» (ФРГ), «Канехлор» (Япония), «Фенхлор» (Италия). Произво-

дители обычно имеют собственные системы идентификации выпускаемых продуктов. Например, в серии «Арохлор» используется четырехзначный код: бифенилы обычно обозначаются цифрой 12, занимающей первые два места, а последние две цифры обозначают процент по массе содержания хлора в смеси. У нас в стране промышленное применение получили «Трихлорбифенил», «Пентахлорбифенил», различные типы гидравлических жидкостей, галоваксов, совола, представляющие собой очищенные смеси тетра- и пентахлорбифенилов. Совол пластификаторный содержит очищенную смесь полихлорпроизводных дифенила; совол электроизоляционный - пентахлорбифенил; совол-10 - смесь ПХБ и трихлорбензолов [35]. Совместно с ПХБ применяют и хлорнафталины [155].

В зависимости от числа атомов хлора, входящих в молекулу ПХБ, их физическое состояние может меняться от умеренно вязкой жидкости (арохлор 1221; 21% хлора) до твердого материала (арохлор 1260; 60% хлора). Коммерческие ПХБ - обычно смеси изомеров этих соединений. Например, такой продукт, как арохлор 1260, включает в себя около 80 индивидуальных ПХБ. В 1970 г. в США из всего количества произведенных ПХБ 65% относилось к соединениям с 42% содержанием хлора, 25% представляли собой менее хлорированные, а остальная часть - более хлорированные соединения [136]. ПХБ содержат различные примеси, среди которых были выделены трихлорбензолы, дибензофураны, дибензодиоксины и нафталины [94;125;145]. По имеющимся данным [89], в ПХБ содержится от 1 до 15 мкг/кг ТХДД (2,3,7,8-тетрахлордибензопарадиоксин - наиболее токсичный представитель хлорированных диоксинов). Согласно оценкам экспертов МАИР, ПХБ относятся к веществам, которые «вероятно канцерогенны для человека» (группа 2а).

Различают высоко- и низкохлорированные ПХБ. Стабильность их возрастает с увеличением числа атомов хлора. ПХБ, обладающие более чем 4 атомами хлора (высокохлорированные ПХБ), не горят и не окисляются [125]. Молекулярная структура этих полимеризованных соединений близка к структуре ДДТ, что во многом определяет общность поведения их в окружающей среде. Высокохлорированные ПХБ более интенсивно концентрируются живыми организмами.

7.1.2. Применение и источники поступления ПХБ в окружающую среду

Считается, что с 1929 г. мировая промышленность произвела около 2 млн. т ПХБ [98]; по другим сведениям - 1 млн. т [136]. В России было произведено от 300 до 500 тыс. т ПХБ.

Важнейшей сферой применения ПХБ является электротехническая промышленность (в составе масел и других жидкостей, используемых при производстве трансформаторов, конденсаторов, реостатов, масляных выключателей, в кабельной промышленности, при производстве электроизоляционных материалов и покрытий). Например, в 1970 г. в США из общего количества ПХБ (33000 т) 56 % было использовано в качестве диэлектрика, охлаждающих, смазочных и изолирующих сред (36% в конденсаторах и 20% в трансформаторах). В Японии с 1962 по 1971 гг. израсходовано 44800 т, из них 65,4% в электротехнике. В Швеции в 1969 г. большая часть из импортированных 600 т ПХБ «ушла» в электротехническую промышленность [136]. Они были использованы для пропитки электроизоляционных материалов. ПХБ применялись также как теплоносители, смазочные материалы, фунгициды для защиты строительных конструкций из дерева, при производстве лаков и красок (для придания последним негорючести и стабильности), в качестве пластификаторов в синтетических материалах и гидравлических жидкостей, входили в состав копировальной бумаги, использовались для распыления пестицидов и даже как растворители для чернил.

С позиций охраны окружающей среды и последующей утилизации принято разделять применение ПХБ на три категории [136]:

1) Контролируемые замкнутые системы: ПХБ используются в качестве диэлектрика в высоковольтных трансформаторах и крупных конденсаторах, и имеют такой же срок службы, как и оборудование, в которое их заливают, при условии, что конструкция оборудования предотвращает утечку; когда же оборудование приходит в негодность, количество диэлектрика достаточно велико, что оправдывает целесообразность его регенерации.

2) Неконтролируемые замкнутые системы: ПХБ используются в системах теплопередачи и гидравлических системах, которые допускают возможность утечки; необходимость частого замещения небольших количеств этих соединений делает операции по их регенерации нецелесообразными; широко используются они и в малых конденсаторах (в том числе, в балластных конденсаторах люминесцентных ламп), что затрудняет сбор этих изделий для надлежащего удаления полихлорбифенилов.

3) Рассеивающие способы использования: ПХБ применяют в смазочных и охлаждающих маслах, пестицидах, как пластификаторы в красителях, в копировальной бумаге, в клеях, в замазках, в пластмассах; при таком использовании они находятся в прямом контакте с окружающей средой, и практически нет путей регенерации этих соединений, когда основной продукт приходит в негодность.

ПХБ попадают в биосферу с отходами, содержащими пластмассы, при неполном сгорании этих веществ в мусоросжигателях, с отходами лакокрасочного, резинового производств, электротехнической и электронной промышленности, с бытовыми отходами, осадками сточных вод [234]. По данным [136], в отходах различных заводов Японии содержания ПХБ не превышали 1 мг/кг, но в отходах завода по производству конденсаторов они достигали 8,26%. Среднее содержание этих соединений в осадках городских сточных вод ФРГ оценивалось в 1,3 мг/кг сухой массы [219], в городском мусоре - 0,25-0,8 мг/кг [298]. Предельная концентрация ПХБ в осадках сточных вод (при их возможном сельскохозяйственном использовании), согласно действующей в Германии инструкции, составляет 0,2 мг/кг. В 1975 г. в осадках сточных вод с очистных сооружений Нью-Йорка содержания ПХБ были в среднем 3,4 мг/кг сухой массы. Концентрация этих веществ в верхнем слое отложений бухты Лоуэрбей на участке сброса шламов составляла более 1 мг/кг, а на удалении от места сброса колебалась в пределах 1-100 мкг/кг [317]. Использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве обусловливает вероятность аккумулирования ПХБ в почвах и растениях. При сжигании городских отходов и высыхании полей орошения в воздух поступает до 1 кг ПХБ на 1 млн. жителей [35]. Значительные количества их образуются в целлюлозобумажной промышленности на стадии отбеливания целлюлозы с использованием хлора и его соединений [197]. В Швейцарии в конце 1980-х гг. ежегодно собиралось 5 тыс. т оборудования (преимущественно трансформаторы), содержащего ПХБ [238].

Предполагается, что к началу 1980-х гг. из всего объема произведенных ПХБ более половины попало на свалки и поля орошения, а большая часть остального количества поступила в окружающую среду вместе с жидкими промышленными отходами и в результате утечек из недостаточно герметичных систем или при испарении в атмосферу во время сжигания на свалках содержащих их материалов [136]. Примерно 20% годового производства ПХБ регенерировалось. С 1930 по 1980 г. в Сев. Америке на свалках и полях орошения скопилось 0,3 млн. т этих соединений. Около 70% всех произведенных ПХБ до сих пор используются или содержатся в устаревшем электротехническом оборудовании; примерно 30% рассеяны в окружающей среде, причем только 1% из них достиг океана. Остальные 29% аккумулированы в почвах, реках , озерах, являясь вторичным источником загрязнения для живых организмов на протяжении десятилетий [98]. Эксперты ВОЗ считали, что в конце 1970-х гг. загрязнение среды обитания происходило главным образом первыми тремя путями, указанными в таблице 56. Современная глобальная эмиссия этих

соединений оценивается ~ в 2000 т [35]. По данным, приводимых [147], в США было произведено примерно 630 тыс. т ПХБ, из которых 203 тыс. т к настоящему времени рассеяно в окружающей среде; около 350 тыс. т находятся в пользовании.

Таблица 56. Поступление ПХБ в среду обитания [136]

Пути поступления	% от годового производства	Тип ПХБ (% содержания хлора)
Испарения из пластификаторов	4,5	48-60
Испарения при сжигании отходов	1	42
Утечка и удаление с отходами жидкостей (в промышленности)	13	42-60
Разложение при сжигании	9	42
Вывоз на свалки и поля орошения	52.5	42-60
Нетто прирост для удовлетворения текущих нужд	20	42-54

После 1970 г. производство ПХБ резко снизилось; в 1972 г. несколько стран ограничило продажу этих соединений, а в Японии производство и использование их было запрещено. Сейчас во многих странах приняты законы, запрещающие или ограничивающие применение ПХБ; известны международные соглашения в области торговли, применения и хранения этих веществ [32;38;136]. В США в 1976 г. Конгресс запретил дальнейшее производство и использование ПХБ, за исключением тех случаев, когда они применяются в существующих электрических трансформаторах, конденсаторах и другом электрооборудовании [103;104]. Предлагалось, что использование ПХБ даже в системах с полностью замкнутым рабочим циклом будет ликвидировано. В ФРГ разрешено использовать ПХБ в замкнутых системах [125]. На сегодня в стране имеется 600 тыс. трансформаторов, содержащих ПХБ. В 1973 г. Организация экономического сотрудничества и развития приняла постановление о защите окружающей среды путем контроля производства и использования ПХБ [38]. В 1977 г. страны-члены этой организации уменьшили объем производства ПХБ примерно до 23 тыс. т (в 1974 г. мировое производство оценивалось в 36-38 тыс. т/год) и потребление до 7 тыс. т и ввели правила, регламентирующие обращение с ПХБ, их использование и удаление. Применение ПХБ в красках, пластиках, смазках, приводящее к их рассеянию в окружающей среде, было прекращено, но их продолжали использовать в конденсаторах и в трансформаторах старого типа. В свое время Агентство по охране окружающей среды США потребовало, чтобы к 1990 г. ПХБ были изъяты из всех трансформаторов, установленных в

американских жилых домах, служебных зданиях и т. п.. Тем не менее в эксплуатации остается около 140000 электрических трансформаторов и конденсаторов (находящихся, что любопытно, в основном на службе компаний по утилизации отходов). В Китае к середине 1990-х гг. намечалось вывести из эксплуатации и реконструировать электроэнергетическое оборудование, в котором применялись ПХБ, и прекратить производство этих соединений. Мировое производство (1987 г.) изоляционных масел превышает 21 млн. т, в том числе синтетического масла 50 тыс. т [207].

7.1. 3. Важнейшие свойства и особенности поведения ПХБ в окружающей среды

Поворотным моментом в судьбе ПХБ стал 1966 г., когда при изучении распространения ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан - самый известный и очень токсичный инсектицид) в окружающей среде было обнаружено, что наряду с пестицидами в популяциях рыб, птиц и млекопитающих активно концентрируются и полихлорированные бифенилы [274]. Высокие уровни этих соединений сразу же были связаны с влиянием промышленного загрязнения. Так, в шведских озерах их содержания в рыбах и птицах заметно возрастали с севера на юг [275]. Они были обнаружены в арктических морских птицах [244]; в крови и грудном молоке кормящих женщин и в крови детей в Японии [266]. В настоящее время ПХБ содержатся почти в каждом элементе глобальной экосистемы и активно включаются в пищевые цепи. При перемещении по пищевой цепочке их концентрации возрастают в сотни-тысячи раз. Например, для хищных птиц коэффициенты концентрирования (по отношению к воде) достигают 10^7-10^9. Важнейшим резервуаром для ПХБ являются донные отложения водных объектов суши и прибрежных районов. Имеются сведения, что около 30% количества производимых ПХБ в конечном счете попадает в морскую среду и преимущественно накапливается в донных отложениях.

Большинство ПХБ относительно плохо растворяются в воде, но хорошо растворимы в жирах и очень стабильны в условиях окружающей среды. Они нарушают функции иммунной и эндокринной систем, особенно те, которые отвечают за воспроизводство и внутриутробное развитие. Из-за медленной миграции, химической устойчивости и способности накапливаться в тканях организмов ПХБ были названы «биологической бомбой замедленного действия» [98]. Очень часто их называют «супертоксикантами». Устойчивость к воздействию многих факторов внешней среды и к микробиологическому разложению, а также значительная лету-

честь при довольно большом (в свое время) объеме производства определяют широкое распространение и сравнительно высокий уровень загрязнения ими природной среды, в которую в конечном счете поступает до 80% всего их производимого количества [284].

ПХБ устойчивы даже при высоких температурах и начинают разлагаться лишь при температуре, значительно превышающей 800^{o}C, когда окисляются в диоксид углерода и соляную кислоту. При более низких температурах в мусоросжигательных печах они вновь попадают в среду, при этом особую опасность представляет появление полихлорированных диоксинов [202;208;219]. При перегреве трансформаторов в присутствии кислорода воздуха ПХБ также могут переходить в диоксины [36]. Считается, что главным источником попадания этих соединений в атмосферу (до 60% всех потерь) является сжигание отходов на свалках [37].

Период полураспада ПХБ на открытом воздухе колеблется от 10 до 100 лет [200]. Тем не менее небольшая часть их может превращаться в другие соединения в ходе биологических реакций и, вероятно, путем фотолиза. Как и ДДТ полихлорированные бифенилы хорошо всасываются в желудочно-кишечном тракте, легких и через кожу млекопитающих; депонируются главным образом в жировой ткани и в какой-то степени преодолевают плацентарный барьер [136]. ПХБ метаболизируются теплокровными животными, если по крайней мере на одном кольце два соседних атома углерода не имеют заместителей [219]. В результате окислительных ферментативных реакций, например при гидроксилировании ПХБ, могут образовываться продукты, более биологически активные, чем исходные (так называемая биологическая активация). Р.В.Галиулин и др. [36] приводят данные зарубежных авторов о том, что при использования некоторых гербицидов не исключается возможность их трансформации в ПХБ. При обследовании территории Самаркандского оазиса установлено, что из-за накопления в донных отложениях хлорорганических соединений общее содержание ПХБ в воде возрастало до 2,5 мкг/л (Башкин и др., 1993). Есть сообщения о том, что некоторые виды анаэробных бактерий, найденные в речных и эстуарных отложениях, разлагают ПХБ на безвредные составные вещества.

ПХБ способны переносится на дальние расстояния, что во многом и определяет их значимость как глобального поллютанта биосферы. Эти соединения обнаружены во всех компонентах среды, включая продукты питания, и в самых различных районах мира. Обобщение, выполненное Ф.Я. Ровинским и др. [155], показывает, что типичные глобальные «фоновые» уровни ПХБ составляют: в атмосферном воздухе - 24-63 нг/м^3 (ФРГ, Бавария), в атмосферных осадках - 20-60 нг/л (промышленные

страны), поверхностные воды содержат от сотых долей нг/л до сотен нг/л, чаще всего в пределах 1-50 нг/л; в донных отложениях пресноводных водоемов, где они вследствие высокой адсорбции и низкой температуры проявляют большую устойчивость к деградации, их концентрации находятся в пределах 0,6-13,5 нг/кг (озера ФРГ). В отложениях озер Финляндии содержания были намного выше (76-436 нг/кг), что может быть связано с влиянием отходов целлюлозно-бумажной промышленности. В пробах отложений лимана, отобранных вблизи места выброса ПХБ, содержания их достигали 1,4-61 мг/кг, а в районе завода по производству электротехнического оборудования в Японии - 510 мг/кг (при местном фоне не более 1 мг/кг)-[136]. В почвах типичные концентрации ПХБ варьируются в пределах 1-30 нг/кг, в растительности - 1-80 нг/кг. Период полуразложения этих соединений в почве составляет около 5 лет.

По данным Беннетта [243], средние уровни ПХБ составляют: в атмосферном воздухе 0,05-5 нг/м^3, в почве 0,2 нг/кг, в природных водах 2-20 нг/л, растениях 9 мкг/кг, наземных диких животных 90 мкг/кг, рыбах 0,2 мг/кг. По данным ВОЗ, в воздухе содержания ПХБ колеблются от 50 нг/м^3 до менее чем 1 нг/м^3, в «незагрязненных» пресных водах их концентрации обычно менее 0,5 нг/л, в умеренно загрязненных - 50 нг/л и в сильно загрязненных - до 500 нг/л. Почвы содержат 0,015 мг/кг. В очищенной водопроводной воде находили до 0,33 нг/л ПХБ [35]. В пробах воздуха, отобранных на атолле Эниветок, расположенного в удаленном районе Тихого океана, концентрация ПХБ в 1979 г. составила 0,54 нг/м^3 [239]. Данные анализов показывают, что «фоновые» уровни ПХБ в морской воде составляют примерно 0,5-2 нг/л [38]. Некоторые специалисты считают, что имеющиеся в литературе значения концентраций ПХБ более 1 нг/л не могут быть достоверными уже по той причине, что эти соединения производятся в настолько небольшом количестве, что на обширных пространствах Мирового океана не могут создавать более высокие содержания.

Имеются данные о направленном росте концентраций ПХБ в объектах среды обитания. Например, если в 1976 г. в США они обнаруживались только в 39% проб тканей скворцов, то в 1980 г. в 95% (Clain, 1981, цит. по [32]). В западных районах Швеции годовое выпадение ПХБ из атмосферы в начале 1970-х гг. оценивалось в 6-120 мкг/м^2, а в Кильской бухте (конец 1970-х гг.) ежегодное накопление ПХБ в осадках составляло 24-112 мкг/м^2 [38]. Долгосрочные наблюдения американских исследователей за распределением ПХБ в атмосфере отдаленных районов Северной Атлантики показывают, что уровни их содержания практически остаются постоянными с 1973 г., тогда как, например, в окрестностях г.Блумингтон

(штат Индиана), где расположены предприятия по производству конденсаторов и трансформаторов, отмечается рост концентраций этих соединений [292]. При наблюдениях на коротких интервалах времени и в зависимости от места расположения контрольных постов уровни полихлорбифенилов достаточно резко варьировали. Величина потока ПХБ от городских источников оценивалась в 16-165 мг/м^2/год (в зависимости от минимальной или максимальной концентрации). Специальные исследования, выполненные в районе Чесапикского залива, установили для газообразных ПХБ в атмосфере сезонные вариации концентраций [252]. Содержание этих соединений в дождевых осадках в течение года изменялось незначительно. ПХБ достаточно активно адсорбируются на взвешенных в атмосфере твердых частицах, оседают с ними и вымываются дождями. Среднее время нахождения в воздухе 2-3 дня.

Исследования переноса ПХБ в р. Сене в районе Парижа в течение годового цикла показали, что их содержания, несмотря на ограничения по использованию в промышленности, были выше, чем других хлорорганических соединений. Концентрации в речной воде составляли 25-250 нг/л, максимально до 990 нг/л. В 88% образцов содержание растворенных ПХБ оказалась выше, чем адсорбированных на взвеси. Установлено, что в растворенном виде переносится до 73% ПХБ [246]. Это свидетельствует об их активной миграции в водных системах. В тоже время есть данные, показывающие, что эти соединения находятся в природных водных объектах преимущественно на поверхности взвешенных частиц [136].

В конце 1970-х гг. чрезвычайно высокий уровень загрязнения ПХБ был установлен для экосистемы р. Гудзон (включая оз. Онтарио). В частности, содержание ПХБ в тканях окуней и лососей из этих водных объектов достигало 37 мг/кг [147]. Было обнаружено, что два предприятия компании “General Electric”, выпускающие конденсаторы, сбрасывали сточные воды в р. Гудзон в течение 20 лет, в которых количество ПХБ достигало 22 кг в день, т. е. общая эмиссия их могла составить более 160 т за весь период функционирования предприятий. С 1976 г. на отдельных участках реки Гудзон был запрещен коммерческий лов рыбы. В 1982 г. началась даже разработка плана очистки загрязненных русловых отложений на нескольких участках р. Гудзона, однако проект был приостановлен из-за отсутствие подходящего места для размещения извлеченных осадков. К тому же возникли опасения, что землечерпательные работы интенсифицируют выделение поллютантов в окружающую среду.

Средняя концентрация ПХБ в различных видах сельскохозяйственных растения, выращенных на удобренных осадками городских сточных вод участках размещения отходов сортировки угля, составляла 300

мкг/кг сухой массы, в почве - около 4 мг/кг [316]. Положительная корреляция между концентрациями полихлорбифенилов в почве и в растительных тканях была зафиксирована только для наружных листьев капусты, причем коэффициент концентрирования (распределения) в последних равнялся 0,0042. Авторы цитируемой работы считают, что удобрение почв осадками городских сточных вод не приводит к существенному загрязнению почвенного покрова и соответственно растительности ПХБ. Данные американских исследователей показывают, что даже при содержании ПХБ в осадках сточных вод на уровне 52 мг/кг (обычно 1-5 мг/кг) их концентрация в выращиваемых в теплицах растениях (салат, овсяница, морковь) меньше допустимой [290]. При дозе вносимых осадков около 11,2 кг/м^2 фиксировалось увеличение ПХБ как в почвах, так и в моркови.

Полихлорированные бифенилы обнаружены в ледниковом покрове Арктики. Известна попытка исследовать динамику загрязнения ледников этими соединениями за период 1963-1993 гг. [262]. Каких либо четких закономерностей в изменении концентраций ПХБ, например, в ледниковом куполе Агассиз (остров Эллсмер, Канада) установлено не было. Осаждение полихлорбифенилов было выше в начале и в середине 1960-х гг., причем максимум приходился на 1967-1968 гг. и оценивался в 930 нг/м^2/год. С 1968 г. фиксируется значительное уменьшение темпов осаждения этих соединений. Затем до 1979-1980 гг. осаждение медленно увеличивалось, но затем упало до минимума в 1980-1981 гг. и составило 91 нг/м^{2}год; далее оно возросло до 848 нг/м^2/год в 1989-1990 гг. и три года подряд оставалось на уровне 465 нг/м^2/год, что несколько выше среднего значения за весь период наблюдений (406 нг/м^2/год). Среди ПХБ заметно преобладали низкохлорированные гомологи, содержания которых во льду резко варьировались по годам. Авторы статьи считают основным источником воздушного поступления указанных соединений во льды Арктики сельскохозяйственные почвы умеренных регионов, из которых улетучиваются ПХБ, применяемые в земледелии. Значительные годовые колебания темпов осаждения ПХБ обусловлены сложным процессом дальнего переноса и зависящим от многих факторов процессом осаждения поллютантов.

7.1.4. Токсическое действие ПХБ на живые организмы

Полихлорированные бифенилы проникают в организм через легкие и неповрежденную кожу, а также хорошо всасываются из кишечника. Опыты на животных позволили выявить для ПХБ острую и хроническую

токсичность, токсичность при попадании на кожу и при ингаляции. Данные экспериментов на животных разных классов и наблюдений в природных условиях свидетельствуют о том, что импактное (локальное) загрязнение ПХБ может вызывать как гибель особей, так и патологии внутренних органов и тканей, а также мутагенез, гонадо- и эмбриотоксические эффекты [32]. ПХБ обладают ярко выраженным хроническим действием, т.е. эффектами длительного воздействия малых доз. Предполагается наличие у ПХБ канцерогенных свойств. Возможно, что токсическое действие ПХБ отчасти связано с присутствием в них полихлорированных диоксинов и дибензофуранов. Опыты на животных показали, что ПХБ интенсивно концентрируются в жире; уровни их содержания снижаются в следующем порядке: печень>кал>почки>мозг>плазма [35]. Накопление даже относительно низких уровней ПХБ в организме (особенно, в молочной железе и яичниках) крупного рогатого скота может приводить к патологическим изменениям в репродуктивной функции. Характерно, что ПХБ обнаруживаются в организме крупного рогатого скота чаще, нежели такие органические поллютанты, как гексахлорбензол, изомеры гексахлорциклогексана, ДДТ

Известно также, что ПХБ облегчают поглощение кадмия и накопление его в почках. У подопытных животных в присутствии этих соединений содержание Cd увеличивалось почти вдвое [217]. В то же время, допускается, что, в свою очередь, воздействие Cd при высоких дозировках ПХБ модифицирует качественно и количественно динамику преобразования этих соединений в мускульной ткани [281]. Эксперименты на японских перепелах показали, что в мышцах последних в присутствии Cd увеличивалось содержание наиболее токсичных и устойчивых к деградации форм ПХБ. Кроме того, интенсивность концентрирования ПХБ в присутствии Cd в мышцах птиц в несколько раз превышала их накопление при отсутствии его в диете. Имеются также указания на положительную корреляцию между концентрациями Hg и ПХБ в организме животных [247].

Уже в 1930-е гг. были зарегистрированы случаи отравления ПХБ рабочих, контактировавших с этими соединениями в производственных условиях. Специфика возникающих при этом профессиональных заболеваний характеризовалась поражениями кожи с угревидными высыпаниями, иногда с поражением печени, а в некоторых случаях с фатальным исходом. В 1963 г. стали известны массовые отравления рабочих на японских предприятиях по производству конденсаторов [136].

В настоящее время установлено, что токсичность и биологическая активность ПХБ существенно зависят от степени хлорирования бифе-

нильных ядер этих соединений и позиции атомов хлора в них относительно фенил-фенильной связи [12]. При использовании равновеликих доз наиболее токсичные ПХБ вызывают патологический синдром, сходный с том, который дают соединения, принадлежащие к другим классам галогенизированных ароматических углеводородов. Симптомы интоксикации, вызванной ПХБ и родственными углеводородами, довольно схожи между собой, хотя существуют значительные видовые, возрастные и половые различия их токсического действия.

К симптомам отравления ПХБ некоторые исследователи относят [293]: 1) прогрессирующие снижение веса, не связанное с уменьшением потребления пищи, 2) кожные заболевания и расстройства (изменение цвета кожи, появление сыпей, выпадение волос, отеки, гиперкератоз, 3) гиперплазия эпителиальной выстилки выводящих желчных протоков, желчного пузыря и мочевого тракта, 4) инволюция (обратное развитие) элементов лимфоидной системы организма, в том числе атрофия тимуса и селезенки, 5) увеличение печени (гепатомегалия) и повреждения в этом органе: некрозы, кровоизлияния (геморрагия), гиперплазия внутрипеченочных желчных протоков, 6) порфирия - нарушение метаболизма порфирина и связанное с этим пожелтение кожи, 7) дисфункция эндокринных и репродуктивных систем организма - изменение уровней стероидных и тироидных гормонов в плазме, сбой менструальных циклов, нарастание количества выкидышей, атрофия семенников и угнетение сперматогенеза у самцов, 8) тератогенез, 9) канцерогенез.

Многократно исследовали ПХБ на их канцерогенность, мутагенность и генотоксичность как в экспериментальных условиях на животных, так и при эпидемиологических обследованиях людей. Имеется крайне мало прямых эпидемиологических доказательств неблагоприятного влияния на здоровье людей низких уровней загрязнения среды ПХБ. Тем не менее эти соединения достаточно обоснованно продолжают рассматриваться как потенциальные канцерогены (в основном исходя из экспериментальных данных). Есть мнение, что, по-видимому, канцерогенные потенции ПХБ для человека сильно преувеличены. Однако известно, что ПХБ ведут себя как очень слабые генотоксины или инициаторы канцерогенеза в различных биологических системах. Западные специалисты приходят к выводу, что ПХБ могут быть потенциально канцерогенными при определенных специфических обстоятельствах.

Исследования последних лет позволили уже с достаточно высокой долей уверенности предположить, что ПХБ действительно потенциально обладают мутагенным и канцерогенным воздействием. Их опасное действие на человека проявляется в результате длительного контакта с этими

веществами, содержащимися в окружающей среде [219]. По данным, полученных на основе экспериментов с животными, канцерогенное действие осуществляется в результате двухступенчатого механизма: «генотоксической инициации» и «эпигенетического промотирования». Инициаторы в процессе взаимодействия с ДНК вызывают необратимые соматические мутации, причем обычно достаточно малой дозы инициатора. Считается даже, что для этого воздействия не существует пороговых значений концентраций, ниже которых оно не проявляется. Промотору требуется более длительное время воздействия на организм, чтобы он вызвал появление опухли. Промоторы имеют особое значение, поскольку они усиливают действие инициатора, а их собственное воздействие на организм в течение некоторого времени является обратимым. ПХБ являются промотором. Известны исследования, в которых показано, что причинным агентом возникновения у живых организмов опухолей в условиях окружающей среды служили ПХБ.

Биотрансформация в наибольшей степени определяет судьбу и поведение попавших в организм полихлорированных бифенилов. В процессе метаболизма ПХБ подвергаются гидроксилированию и дехлорированию. Окисленные метаболиты выделяются желчью и обнаруживаются в фекалиях [35]. Как правило, соединения этого класса плохо метаболизируются, поэтому их удаление из организма идет медленно. Малая скорость выведения может вызвать биоаккумуляцию ПХБ, что, в свою очередь, чревато проявлением токсичных свойств последних. Токсичными могут быть не только неметаболизируемые ПХБ, но и продукты, образуемые во время метаболизма некоторых соединений этого класса.

7.1.5. Особенности и пути воздействия ПХБ на человека

Воздействие ПХБ на людей осуществляется тремя основными путями, связанными: а) с трудовой деятельностью; б) с аварийными утечками; в) с загрязнением среды обитания.

В производственных условиях ПХБ поступают в организм через органы дыхания, а также через кожу. Первый путь, видимо, наиболее значим. Содержания поллютантов в воздухе рабочих зон могут достигать очень высоких величин. Например, на одном из заводов по производству конденсаторов их концентрации находились в пределах 0,01-0,05 мг/м^3 (типичный «глобальный» фон - до 5 нг/м^3). В сыворотке крови рабочих содержания ПХБ составляли 10-65 мкг/100 мл, тогда как «типичная» концентрация у людей, не подвергавшихся специфическому воздействию

этих соединений, составляет ~ 0,5 мкг/100 мл. Чаще всего тяжелые и даже смертельные отравления ПХБ наблюдались при применении их в смеси с хлорпроизводными нафталина [35].

В общем случае при профессиональном воздействии ПХБ способны поражать печень, вызывать кожные заболевания; они обладают фотосенсибилизирующими свойствами [185]. Отравления носят, как правило, хронический характер. У пострадавших фиксируются диспепсические явления, головокружение, боли в правом подреберье и в области желудка; отмечается увеличение печени, повышение уровня билирубина, снижение холестерина и сахара в крови; в моче обнаруживаются уробилин и желчные пигменты. Признаки поражения печени обычно появляются через 1-1,5 года после начала работы в неблагоприятных условиях. В тяжелых случаях может наступать острая желтая атрофия печени. Наблюдаются гипер- или гипацидные гастриты, дуодениты, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки. Наиболее часты заболевания кожи, акнеподобные узелки, комедоны; в дальнейшем - обильная бледно-розовая акнеформная сыпь. При тяжелых формах возникают множественные сливные нагнаивающиеся угри и фурункулы. Период полураспада ПХБ в крови рабочих, занятых производством конденсаторов < 5 лет, составлял несколько месяцев; у рабочих со стажем > 10 лет - 2-3 года [136]. Известны случаи, когда высокие уровни ПХБ в крови и жире у рабочих не сопровождались какими-либо неблагоприятными последствиями.

Увеличение смертности или частоты возникновения раковых заболеваний у людей, контактирующих в производственных условиях с ПХБ, практически не отмечено. По оценкам американских специалистов, заболевания кожи начинают развиваться у рабочих при концентрациях ПХБ в воздухе помещений от 0,2 мг/м^3 и выше. У рабочих, занятых на производстве мощных трансформаторов, отмечали расстройства дыхательного тракта, включая такие симптомы, как кашель (13,8%), свистящее дыхание (3,4), тяжесть в груди (10,1) и раздражение верхних дыхательных путей или глаз (48,2). Установлено также, что наличие значительных количеств ПХБ в организме женщин-профессиональных рабочих способно понизить у них эффективность лактации. Ретроспективные исследования уровня смертности среди 2657 чел., проработавших более 3 мес. на трансформаторных заводах, не выявили никаких отклонений, не отмечали и заметного увеличения встречаемости рака печени или прямой кишки [12]. Недавние исследования распределения ПХБ в жировой ткани молочной железы у женщин со злокачественными и доброкачественными опухолями молочной железы дают основания предполагать о существенной роли этих соединений в развитии рака (Falck et al., 1992).

Очень близки к профвоздействию случаи отравления ПХБ при авариях или попадании их в продукты питания. Классическим примером является случайное попадание ПХБ в рисовое масло из жидкости теплообменника в процессе рафинирования, что явилось причиной бытового экспонирования с этим соединением нескольких тысяч человек сначала в японском городе Юшо, где пострадало > 1000 человек и в тайваньском селении Ю-Ченг (1979 г.) и возникновения у этих людей сходных болезненных явлений, получивших название болезни Юшо и болезни Ю-Ченг соответственно [35;82;125;136;280;301]. В 1968 г. в Японии на производстве по очистке рисового масла в него попал канехлор-400. Его содержание в масле достигало 0,0462-0,2%. Употребление отравленного рисового масла в пищу повлекло за собой исхудание, поражение печени, селезенки и почек, а также развитие злокачественных новообразований. Заболевание характеризовалось также истощением, головной болью, общим недомоганием, затруднением дыхания, инфекциями дыхательных путей. Отмечались чувство онемения и боли в конечностях, понижение чувствительности, снижение или отсутствие рефлексов, повышенное выделение кортикостероидов. Кроме того, наблюдалось потемнение кожи, особенно у детей, рожденных от матерей, которые пострадали от отравления. Таких новорожденных детей стали называть *black babies* («черные малютки»). У новорожденных фиксировалось увеличение печени. У многих пострадавших развивалось хлоракне - тяжелое кожное заболевание, сопровождающееся продолжительными гнойными процессами, частично с образованием абсцессов. Это заболевание может длиться годами, оно почти не поддается медикаментозному лечению. Частыми сопутствующими заболеваниями являются тяжелые изменения во внутренних органах (в печени, почках, поджелудочной железе, нервной системе). К 1982 г. число больных болезнью Юшо составило 1788, а болезнью Ю-Ченг (к 1983 г.) - 2060 человек. Через пять лет после начала заболевания содержание ПХБ в крови составляло 1-30 ppb. К концу 1982 г. умерло 112 (по другим данным, 120 человек - 79 мужчин и 41 женщина), причем 11 от злокачественных опухолей. Смертность от рака среди мужчин была достоверно повышенной, причиной чего являлся рак печени. Из больных болезнью Ю-Ченг умерло 24 человека; у 12 из них были обнаружены различные патологии печени.

Показателен случай, наблюдавшийся в г.Сиракузы (США), где зимой 1983 г. произошел взрыв высоковольтного трансформатора, приведший к утечке значительных количеств ПХБ (Stark A. et al., 1986, цит. по [12]). Возникновение сильного пожара удалось предотвратить. Было выявлено 52 человека, в разной степени контактировавших с ПХБ. Среди

них - строители, полицейские, пожарники, электрики. Контрольную группу составляли люди (68 человек), практически не контактировавшие с ПХБ и близко соответствующие людям первой группы по возрасту, полу, профессиональным навыкам. Обе группы тщательно опрашивали относительно их здоровья до и после аварии, проводили биохимический анализ крови, регистрируя уровни некоторых ферментов, общего белка, холестерина, триглицеридов и ПХБ. Через 6 месяцев после аварии было проведено повторное аналогичное исследование обеих групп людей. Исследователи пришли к выводу, что произошедший контакт с ПХБ не стал причиной заметного расстройства здоровья. У некоторых людей было отмечено легкое и быстро проходящее раздражение кожи. Как правило, у контактировавших с ПХБ происходил незначительный подъем уровня содержания этих соединений в крови. При этом отмечали наличие значительного и достоверного различия уровней ПХБ в крови людей злоупотребляющих алкоголем и людей умеренно пьющих. Был сделан вывод о том, что у тяжело пьющих людей метаболизм ударных доз ПХБ идет медленнее, чем у людей не злоупотреблявших алкоголем.

В мире, видимо, аварии с выбросами ПХБ достаточно часты. Например, в Финляндии только за 1982-83 гг. было зарегистрировано 28 таких аварий [35]. Во время одной из аварий уровни полихлорбифенилов в воздухе достигали 16 мг/м^3; у 15 человек было зафиксировано острое отравление: наблюдались тошнота, головокружение, головная боль, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, потливость. В другом случае (взрыв трансформатора) пострадало около 500 человек, у которых возникли хлоракне, кожные сыпи, поражение печени, нарушение сна, импотенция, психические расстройства. В сыворотке крови повысилось содержание холестерина и триглицеридов, возникла гипертензия. У троих людей развился рак кожи. Через 9-18 месяцев после отравления концентрации ПХБ в крови составляли 20-29 ppb. Известен случай на одном из кормозаводов в штате Монтана (США), где тяжелая машина столкнула с платформы трансформатор с ПХБ, который упал в емкость с мясной мукой. Это привело к загрязнению данными поллютантами мяса, яиц, хлебопекарных изделий и суповых концентратов в 17 штатах. Симптоматика, весьма похожая на наблюдавшуюся у пациентов с болезнью Юшо, была установлена у рабочих одной из японских конденсаторных фабрик. Она включала пигментацию пальцев и ногтей, угревидные высыпания в челюстной области, на спине и бедрах [136].

Сведения о токсическом действии ПХБ на людей, контактировавших с этими соединениями профессионально или в результате аварий и утечек, видимо, не могут служить основой для экстраполяции опасности,

обусловленной низкими уровнями экспозиции в условиях окружающей среды, так как в настоящее время отсутствуют четко документированные доказательства в пользу летального или канцерогенного действия малых концентраций этих соединений. Тем не менее известны данные, опосредованно свидетельствующие о негативном воздействии загрязнения среды обитания ПХБ на состояние здоровья человека.

В организме человека распределение ПХБ в общем случае подчиняется следующей закономерности: жир>поджелудочная железа>печень>мозг>кровь>почки. Содержание их в организме человека варьирует в широких пределах. Минимальные уровни ПХБ в жировой ткани человека наблюдались у жителей северных стран (Норвегия, Англия) и составляли 0,8-1,0 мг/кг, в Финляндии и США 1,0-2,97 мг/кг, в Австрии 3,5 мг/кг, в Японии 5,43 мг/кг [136]. Есть сведения, что примерно 1% населения США содержит более 3 мг/кг этих веществ в жировой ткани, поступающих в организм главным образом с пищей; у остального населения содержание ПХБ менее 0,5 мг/кг [147].

Накопленные в жировой ткани и грудном молоке ПХБ очень слабо подвержены метаболизму и сохраняются в организме длительное время. Среднее время нахождения этих соединений в теле человека оценивается в 3-5 лет, а поступление их происходит в настоящее время практически постоянно, в основном с рыбой, мясом, жирами. С молочной и растительной пищей поступление меньше, так как в коровьем молоке содержания поллютантов в 50-100 раз ниже, чем в женском, а в овощах и фруктах концентрации ПХБ, как правило, очень низкие [21]. Результаты многих исследований свидетельствуют, что содержание ПХБ в липидах крови человека возрастает с увеличением их концентраций в жировой ткани.

Еще в 1982 г. американские ученые [248] рассчитали допустимый уровень поступления ПХБ для взрослого человека, который составляет 3 мкг/кг массы в день, для детей - 1 мкг/кг массы в день (расчет сделан для 1000-дневного периода с 10-кратным коэффициентом надежности). Исходя из того, что ребенок массой 5 кг потребляет в сутки 1 л женского молока, допустимая доза ПХБ должна быть 5 мкг/сут. Для взрослого человека (средний вес 60-70 кг) поступление ПХБ составляет 180-200 мкг/сут. Согласно материалам ВОЗ, суточное поглощение ПХБ человеком при типичных содержания последних в воздухе и питьевой воде не должно превышать из каждого источника 1 мкг. Учитывая высокую устойчивость и липофильность этих соединений, необходимо устанавливать для них очень низкие значения ПДК, поскольку эти вещества способны кумулироваться в организме. В ФРГ ПДК для ПХБ , содержащих 42% хлора, ПДК в воздухе рабочей зоны равна 1 мг/м^3, при содержании хлора

54% она составляет 0,5 мг/м^3 [200]; норма на содержание этих соединений в строительных материалах - не более 0,5 мг/кг [87].

Особую тревогу во всех странах вызывает поступление ПХБ в организм детей с молоком матери, результатом чего могут являться нарушения у детей роста, ослабление защитных функций организма. Так, исследования накопления ПХБ в организме жителей арктических районов Канады показали, что в обследованной группе населения у 19% людей суточное количество поступающих в организм с пищей соединений превышало допустимый уровень, составляющий 1 мкг/кг массы тела [251]. Главным источником попадания ПХБ в организм людей являлось использование в пищу мяса морских млекопитающих (нерпа, нарвал, моржи), составляющего значительную часть суточного рациона для ряда коренных жителей. Поступление ПХБ в арктические районы происходит, повидимому, путем дальних перемещений по воздуху. Они обнаружены здесь в пробах воды, снега, льда, воздуха, в местных пищевых продуктах. В цельном грудном молоке женщин, проживающих на побережье бухты Гудзон в Сев. Квебеке, содержания ПХБ находились в пределах 16-514 мкг/л, в среднем 111,3 мкг/л. В грудном молоке женщин из Юж. Квебека - соответственно 5-115 мкг/л и 28,4 мкг/л. Содержания ПХБ в жире грудного молока у женщин первой группы варьировались от 0,5 до 14,7 мг/кг (в среднем 3,60 мг/кг), у женщин второй группы - 0,3-3,2 мг/кг (0,77 мг/кг). Обнаружена обратная корреляция между содержанием в грудном молоке ПХБ и длительностью грудного вскармливания и его положительная корреляция с возрастом женщины и количеством потребляемой рыбы. Содержание ПХБ в крови младенцев, равное 150 мкг/кг, составляет минимальный уровень, вызывающий токсические явления. Согласно расчетам авторов цитируемой статьи, этот уровень при содержании ПХБ в грудном молоке 110 мкг/л достигается примерно через 18 месяцев грудного вскармливания. При концентрации в грудном молоке 500 мкг/л указанный уровень достигается через 3 месяца. Было установлено снижение гуморального и клеточного иммунитета.. Частота возникновения инфекционных заболеваний среди детей Сев. Квебека была в 10-15 раз выше, чем в Юж. Квебеке. Обоснованно предполагается, что снижение иммунитета и высокая заболеваемость инфекционными болезнями среди детей коренных жителей северного побережья Канады связаны с действием ПХБ и родственным им веществам. Приводимые данные указывают на необходимость организации подобных исследований в морских прибрежных районах России (на Крайнем Севере и Дальнем Востоке).

Исследования, выполненные в Испании в начале 1980-х гг., обнаружили, что содержания ПХБ в 20 образцах женского молока в среднем

составляли 0,25 мкг/г [241]. В последние годы нагрузка материнского молока ПХБ в странах Западной Европы не увеличивается, что, в частности, показывают данные по ФРГ. Характерно, что концентрации полихлорбифенилов в образцах молока женщин, проживающих в новых восточных землях, были заметно выше [264].

Детальные исследования воздействия ПХБ на население недавно выполнены в Великобритании [254]. Среднее поступление в организм составило 0,53 мкг/чел. в день, причем 93% воздействия полихлорбифенилов связывалось с потреблением пищевых продуктов - рыбы, молока и молочных продуктов, овощей и животного мяса и жира (соответственно 32, 24, 24 и 15%). Овощи содержали низкохлорированные ПХБ, а остальные пищевые продукты - высокохлорированные ПХБ. Как правило, наименее насыщенные хлором ПХБ (№ 28) наиболее быстро удаляются из организма и достигают равновесной концентрации. Напротив, для высокохлорированных ПХБ (№ 153) спрогнозировано их накопление в организме в течение всей жизни человека. Было также выявлено снижение накопления ПХБ в организме кормящих матерей (на 20% за 3 месяца) за счет переноса этих соединений с материнским молоком в организм детей.

7.1.6. ПХБ в России

К началу 1990-х гг. на территории России был закрыт ряд производств, использующих ПХБ. Однако в стране по-прежнему функционируют предприятия, в том числе электротехнического профиля, использующие эти соединения в своем технологическом цикле, в окрестностях которых сформировались устойчивые зоны загрязнения окружающей среды ПХБ. Актуально сжигание мусора и отходов на свалках, когда происходит загрязнение среды не только ПХБ, но и диоксинами и дибензофуранами, не решена проблема утилизации вышедших из строя или отслуживших свой срок изделий, содержащих ПХБ.

Общая ситуации

Массовый выпуск трансформаторов и конденсаторов с ПХБ-заполнителями в СССР начался в начале 1960-х гг. и активно продолжался до начала 1990-х гг. По некоторым данным, в СССР было изготовлено около 100 000 трансформаторов с ПХБ (преимущественно с соволом) емкостью от 10 до 2500 кг каждый. В 1995-1996 гг. Госкомэкологии России была осуществлена инвентаризация электротехнического оборудова-

ния, в котором используются синтетические трансформаторные масла на основе ПХБ [53]. По состоянию на 1996 г. в России находилось в эксплуатации: трансформаторов - 9481 (выведено из эксплуатации 731448), конденсаторов - 579008 (выведено из эксплуатации 151405) и синтетического трансформаторного масла - 1896,1 т (изъято из эксплуатации 495,1 т). В Москве, по предварительным данным, на предприятиях города используется в технологических процессах и находится в эксплуатируемом или вышедшем из строя оборудовании более 500 тонн трансформаторных масел (типа “совтол”, “совол” и т. п.), содержащих ПХБ и полихлорированные терфенилы. Есть сведения, что в пределах быв. СССР в конденсаторах и трансформаторах присутствует около 500000 т ПХБ [202].

Многие исследователи называют проблему загрязнения среды обитания полихлорбифенилами и родственными им соединениями одной из приоритетных для России. В свое время была сделана попытка осуществить Федеральную целевую программу «Защита населения и окружающей природной среды от диоксинов и диоксиноподобных соединений на 1993-1995 годы», в которой определенное место отводилось и ПХБ (Зеленый мир, 1994, N 10). В рамках этой программы, в частности, были определены основные подходы к принятию базовых нормативов платы за выбросы и сбросы полихлорбифенилов и за размещение содержащих их отходов [53]. В Москве специальным распоряжением Правительства города (от 7 февраля 1997 г., № 112-РП) с 1 января 1997 г. на всех предприятиях введен обязательный учет жидкостей и оборудования, содержащих полихлорбифенилы и родственные им соединения. Все жидкости, содержащие эти вещества, подлежат уничтожению или переработке на специальных установках.

В России утверждены предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) полихлорированных бифенилов для некоторых природных сред: ПДК в воздухе рабочей зоны - 1 мг/м^3 (трихлордифенилы); ОБУВ в атмосферном воздухе - 1 мкг/м^3 (сумма ПХБ); ПДК в воде водоемов - 1 мкг/л (сумма ПХБ); ОДК для почвы - 0,06 мг/кг (сумма ПХБ) и 0,03 мг/кг (ТХД, трихлодифенилы); ПДК в рыбе - 2 мг/кг; ПДК в печени рыбы и продуктов из нее - 5 мг/кг. ПХБ отнесены к веществам «с ограниченными доказательствами канцерогенности для человека» [130].

В силу различных причин особенности загрязнения окружающей среды России ПХБ изучены очень слабо, а имеющиеся данные единичны и разрозненны. Тем не менее они свидетельствуют о том, что проблема загрязнения среды обитания в России этими соединениями чрезвычайно

актуальна. В частности, сообщения о хлоракне и других массовых поражениях у рабочих г.Уфы публиковались в 1964-1970 гг., о различных профессиональных поражениях у рабочих г.Чапаевска - в 1970-1975 гг. В 1984 г. при исследовании более 100 проб женского молока, собранного в некоторых городах и районах СССР, были обнаружены значимые концентрации ПХБ, варьирующие в пределах 6-110 мкг/л (среднее 44 мкг/л)-[21]. Наблюдаемые концентрации были выше, чем в молоке женщин северных стран (Швеция, Норвегия, Канада, Англия), но находились примерно на том же уровне, что в ФРГ, Швейцарии, Франции. Авторы цитируемой работы связывают данный факт с особенностями питания. Фиксировалось различие в интенсивности концентрирования ПХБ в молоке женщин, проживающих как в разных города, так и в разных климатических зонах (табл. 57). Какой-либо зависимости содержания ПХБ от возраста и социального положения женщин из-за незначительного количества проб установить не удалось.

Считается, что проблема загрязнения среды обитания ПХБ в нашей стране особенно актуальна в г.Дзержинске и в г.Новомосковске (в связи с деятельностью крупных химических комбинатов), где вплоть до последнего времени в массовом количестве производились ПХБ. Можно ожидать также, что высокий уровень загрязнения этими соединениями будет фиксироваться в окрестностях крупных целлюлозо-бумажных, лакокрасочных и химических комбинатов, электротехнических предприятий (трансформаторные, конденсаторные, кабельные заводы).

Таблица 57. ПХБ в пробах женского молока разных районов быв. СССР, мкг/л

Район, город	Количество проб	Среднее	Пределы
Северные и центральные (Прибалтика, Подмосковье, Забайкалье)	44	52,9	11,0-110,0
Южные (Узбекистан)	64	20,3	6,0-53,0
Таллин	6	56,3	41,0-79,0
Рига	10	58,6	11,0-110,0
Пенза	4	58,6	46,0-101,0
Москва	4	59,7	39,0-87,0
Обнинск	16	39,7	14,0-79,0
Байкальск	5	46,3	2,0-53,0
Ростов	11	32,9	16,0-80,0
Ташкент	7	24,7	15,0-39,3
Самаркандская область	56	16,0	6,0-53,0

Официальные документы последних лет свидетельствуют о том, что в пределах территории России ПХБ обнаруживаются повсеместно в окружающей среде и живых организмах [50;52;117]. При обследовании

грудного женского молока в гг. Пенза, Москва, Обнинск, Байкальск, Ростов (по 4-20 пробам) установлено, что допустимое суточное поступление ПХБ в организм грудного ребенка (5 мкг/сутки по нормативу США) превышается в 5-12 раз. В «чистых» районах, например в оз. Байкал, нерпа содержит ПХБ в количествах, близких к опасным уровням. Высокие уровни загрязнения различных компонентов окружающей среды отмечены около предприятий, производящих или использующих ПХБ (химические, трансформаторные, конденсаторные, металлургические, лакокрасочные заводы), в городах Дзержинск и Серпухов, в Челябинской области. Например, вокруг ряда заводов в Челябинской области, на расстоянии 0,5-1 км, концентрации ПХБ в почвах в 5-17 раз превышали гигиенический норматив. На некоторых участках малых рек, находящихся в зоне воздействия г.Череповца, выявлены ПХБ в концентрациях от 0,2 до 0,33 мкг/л, что на три порядка превышает уровень, рекомендованный ВОЗ для незагрязненных вод.

В Керченском проливе, куда сбрасывались значительные объемы загрязненных грунтов (отходы дноуглубления, реконструкции портов и предприятий), в районе мыса Тузла концентрации ПХБ в мидиях в 1986 г. составляли в среднем 0,06 мкг/г сухой массы, в 1987 г. - 0,033 мкг/г [191]. Снижение уровней содержания объясняется прекращением сброса грунтов на мелководье банки Савенко. В 1988 г. в связи со сбросами грунтов на экспериментальную свалку концентрации ПХБ в мидиях увеличились до 0,05 мкг/г сухой массы. В 1989-1990 гг. ПХБ были уже зафиксированы только в единичных экземплярах моллюсков, в воде они обнаружены не были. Высокий уровень загрязнения окружающей среды ПХБ отмечен в пределах Прикубанской низменности (Краснодарский край), плавневая зона которой используется для выращивания риса и отличается интенсивным применением пестицидов [36]. В образцах почв и донных отложений были идентифицированы тетра-, пента- и гексахлорбифенил, массовая доля которых в общей сумме ПХБ составляла более чем 90%. Уровни тетрахлорбифенилов в почвах под различными сельскохозяйственными культурами колебались в среднем в пределах 300,4-638,9 мкг/кг; пентахлорбифенилов - 10,1-180,8 мкг/ кг; гексахлорбифенилов - от 3,8 до 207,1 мкг/ кг. В среднем по региону в почвах преобладали тетрахлорбифенилы, доля которых в балансе ПХБ составляла 57,4%. В воде рек из гомологов ПХБ были обнаружены только тетрахлорбифенилы (0,03 мкг/л). Содержания тетрахлорбифенилов в донных отложениях водных объектов варьировались в среднем в пределах от 219,3 до 493,0 мкг/ кг; пентахлорбифенилов - от 55,0 до 159,8; гексахлорбифенилов - от 168,3 до 309,5 мкг/ кг. В целом из гомологов ПХБ наибольший прессинг как на

донные отложения, так и на почвы оказывали тетрахлорбифенилы, что может свидетельствовать об их общем источнике поступления в окружающую среду. Характерно, что по имеющимся данным (Ofjord et al., 1994), в донных отложениях Балтийского моря и прибрежных акваторий США также преимущественно аккумулировались тетрахлорбифенилы.

Город Серпухов

Наиболее детально последствия загрязнения среды обитания ПХБ в пределах России изучены в г. Серпухове (Московская область, расположен в 99 км к югу от Москвы, население > 140 тыс. чел.)). Здесь находятся ВНИИ силового конденсаторостроения и опытный завод «Конденсатор». Завод «Конденсатор» функционирует с 1945 г. В городе также расположены заводы «Прогресс», электромеханический, механический, инструментальный, «Металлист», мотозавод, химического волокна, ПТО «Нефтеаппаратприбор», кожевенный завод и др. [45;46].

Город расположен на левом берегу р. Оки, в месте впадения в нее р. Нары. Территория его характеризуется холмисто-увалистым рельефом, значительная часть ее занята старой и достаточно плотной застройкой. Жилые районы практически вплотную примыкают к промышленной зоне завода. В их пределах создаются благоприятные условия для застаивания воздуха и аккумуляции поллютантов. В 12 км от города находится биосферный Приокско-террасный заповедник (распределение ПХБ в его ландшафтах, по-видимому, не изучалось).

В середине 1980-х гг. у грудных детей, матери которых проживали вблизи завода «Конденсатор» или работали на этом предприятии, стали обнаруживаться диатезы, которые иногда исчезали только после прекращения грудного вскармливания. В целом по городу в 1988 г. показатель атопических дермативов у детей составил 45,4 на 1000 жителей (в 2,6 раза выше того же показателя по Московской области)-[20;133].

Опытный завод, выпускающий электроконденсаторы различного назначения, с 1967 г. использовал в них в качестве электроизолирующей жидкости ПХБ (до 1,4 тыс. т ежегодно, т. е. всего более 40 тыс. т). В 1960-е гг. на заводе применялись высокохлорированные бифенилы типа совола с содержанием хлора в молекуле около 53%, которые в последующем были заменены на трихлорбифенил с содержанием хлора в молекуле около 42% (арохлор-1442). Несовершенная технология и отсутствие должной культуры производства привели к загрязнению среды обитания указанными поллютантами, которые фиксируются в воде, воздухе, снеговом покрове, почвах на значительной территории, прилегающей к

заводу. Во всех пробах различных природных компонентов обнаруживались как высокохлорированные (ПХБ), так и низкохлорированные (ТХД) бифенилы, причем содержания ТХД были обычно в 2-10 раз выше.

Наибольшие концентрации ПХБ во всех природных средах были найдена на расстоянии от 300 м до 2500 м к югу от завода, где находится овраг, дренируемый ручьем, принимающего промышленно-ливневой сток предприятия. В бассейне ручья расположена частная застройка с приусадебными участками, а ниже по течению ручья, уже за пределами города, находится большой огородный кооператив. В 100-метровой зоне от завода уровни суммы ПХБ в атмосферном воздухе (в том числе, в пределах детской площадки) составляли 2 мкг/м^3, т.е. в два раза превышали ОБУВ. Очень высокими концентрациями ПХБ и ТХД отличались промышленно-ливневые стоки завода (28-1268 мкг/л). В воде ручья ниже места сброса сточных вод они достигали 80,5 мкг/л (в 80,5 раз выше ПДК для воды водоемов).

Интенсивность загрязнения почвенного покрова в пределах промплощадки завода, в 100-метровой санитарно-защитной зоне и за пределами последней практически не зависела от розы ветров; максимальные уровни поллютантов в почвах отмечены в зоне влияния стока завода. По мере удаления от ручья на более высоких участках рельефа концентрации их снижались. Во всех пробах почв уровни бифенилов превышали ОДК, причем загрязнение четко фиксировалось вниз по профилю почв до глубины 60 см. Так, на расстоянии 300 м от завода в поверхностном слое обнаружено 35700 мг/кг (сумма ПХБ), на глубине 5-10 см - 18300 мг/кг, 10-20 см - 2350, 20-30 см - 2740, 30-40 см 29,4, 40-60 см - 50,6 мг/кг, т.е. практически вся толща почв отличалась уровнями бифенилов, намного выше ОДК. Миграция поллютантов вниз по почвенному профилю и, видимо, боковая инфильтрация вод ручья, особенно в паводки и половодье, обусловливают поступление ПХБ и ТХД в грунтовые воды. В воде колодца, расположенного в 20 м от русла ручья, сумма ПХБ составляла 1,68 мкг/л (выше ПДК). Хлорированные бифенилы отмечались также в скважинах городского водозабора. В целом загрязнение почв ПХБ и ТХД четко фиксируется на расстояние до 4 км от источника (табл. 58).

Таблица 58. ТХД и ПХБ в почвах (слой 0-5 см), мг/кг сухой массы [20]

Направление, расстояние от завода, м	ТХД	ТХД+ПХБ
Север, 2000 - 2300	0,52-26,10	0,81-35,90
Северо-запад, 250 - 650	0,14-1,91	0,26-4,68
Юго-запад, 350 - 600	0,08-1,19	0,67-1,96
Юг, 150	140	267
Юго-восток, 300	1,3	2,8
ОДК	0,03	0,06

Для распределения полихлорбифенилов в почвах в площадном отношении характерна значительная вариация. В какой-то мере это явление может быть связано с неоднородность выпадения поллютантов на подстилающую поверхность, с их последующим перераспределением, а также с наличием нескольких источников поступления ПХБ в почву (перенос с транспортом, на обуви и одежде рабочих и т.п., что особенно типично для ближних к предприятию участкам). Тем не менее уровни последних в большинстве случаев превышали ОДК.

В снеговой воде содержания изученных соединений в период 1986-88 гг. варьировались в пределах 0,28-105 мкг/л (ТХД) и 0,16-105,53 мкг/л (ПХБ). Характерно, что в некоторых точках опробования уровни ТХД значительно превышали (на порядок) концентрации ПХБ. Например, в 1000 м к юго-западу от завода содержании ТХД достигали 105 мкг/л, ПХБ - 0,53 мкг/л, сумма - 105,53 мкг/л. Достаточно активно ТХД и ПХБ концентрировались в листьях тополя, березы и рябины, в меньшей степени накапливали эти токсиканты хвоя ели. В отдельных точках аномальные концентрации суммы ПХБ в растениях прослеживались до 1 км от завода и составляли 1-1,5 мг/кг сухой массы. Вблизи завода они были в несколько раз выше и иногда достигали 8,89 мг/кг (ветки ели), 20,43 (листья рябины), 24,75 (листья тополя), 20,11 мг/кг сухой массы (листья березы). В подавляющем количестве растительных проб содержания ТХД составляли незначительную долю от суммы ПХБ.

При изучении распределения ПХБ и ТХД в овощах, фруктах и зелени, выращиваемых в загрязненном районе города и поступающих на рынок города, была установлена прямая связь накопления поллютантов в растительности от степени загрязнения почв. Больше всего накапливают ПХБ морковь (сумма ПХБ в корнеплоде до 9,45 мг/кг), репа (37,08 мг/кг), зелень петрушки (5,26), картофель (4,02), выращиваемые на территориях, прилегающих к ручью ниже выпуска сточных вод завода. В огородном кооперативе, расположенном на расстоянии более чем 1 км от завода, наибольшие концентрации обнаружены на участках, также прилегающих к ручью; здесь в моркови концентрировалось до 1,37 мг/кг суммы ПХБ, в картофеле - 0,6 мг/кг.

В яйцах кур, выращенных в частном секторе (на расстоянии 350-450 м от завода), также были обнаружены хлорированные бифенилы. Как известно, ПХБ концентрируются в основном (до 90%) в желтках. В исследованных желтках уровни ПХБ составляли от 7,09 до 27,6 мкг на один желток, что превышает допустимую суточную дозу для ребенка. В пробах молока, отобранных в 1988 г. на молочно-товарных фермах района и в готовой продукции молочного завода, концентрации ПХБ и ТХД варьи-

ровались в пределах 7-19 мкг/л. Экстремально высокая концентрация поллютантов была обнаружена в сметане - 168 мкг/л (в процессе переработки молока в сметану происходит концентрирование ТХД в 7-14 раз, ПХБ в 13-34 раза). В 1990 г. (после изменения технологии на молочном заводе) уровни ТХД и ПХБ в сметане снизились до 0,2 мкг/л. В козьем молоке (частное хозяйство, расположенное в 50 м к югу от завода) концентрации ТХД составляли 320 мкг/л, а ПХБ - 17 мкг/л. В рыбе, выловленной в пруду (ниже завода), сумма ПХБ достигала 5,66 мг/кг. Расчеты авторов исследования показали, что получаемая в зоне загрязнения взрослым человеком суточная доза ТХД и ПХБ превышала допустимую в несколько раз (ДСД - допустимая суточная доза - =1 мкг/ кг массы тела).

Полихлорбифенилы были обнаружены в грудном молоке кормящих женщин, причем независимо от района проживания их в городе. Максимальные концентрации отмечались у женщин, работающих на заводе или проживающих в зоне максимального загрязнения. Уровни ТХД в грудном молоке кормящих женщин колебались от 5 до 2321 мкг/л, ПХБ - от 14 до 105 мкг/л; максимальные значения суммы ПХБ достигали 1093-2392 мкг/л. Расчет суточного поступления ТХД и ПХБ с молоком матери в зависимости от возраста ребенка показал превышение ДСД в загрязненной зоне в десятки раз. При исследовании плацент рожениц, проживающих не в самой загрязненной зоне города, в них были обнаружены концентрации ПХБ в пределах 0,01-0,025 мкг/г. В крови рабочих завода «Конденсатор» концентрации ПХБ составляли 1130-1080 мкг/л. У сотрудников, не имевших непосредственного контакта с этими веществами, их содержание было значительно ниже (8-145 мкг/л). При сопоставлении состояния здоровья детей, проживающих в различных районах города, была выявлена четкая взаимосвязь «доза-эффект» (табл. 59).

Таблица 59. Состояние здоровья детей 3-6 лет, проживающих в Серпухове [50]

Район города	Функциональные и органические изменения, %	Острые заболевания, частота случаев	
		абсолютное число	на 1000 чел.
Загрязненный ПХБ	42,7	372	44,4
Промышленный	36,8	-	-
«Чистый»	29,5	244	14,7

Есть сведения о присутствии в грунтовых водах в районе Серпухова диоксинов, уровень содержания которых, однако, был ниже (в эквивалентах токсичности 2,3,7,8-ТХДД) существующей ПДК [53]. По данным [50], в районе города в почвах отмечены высокие концентрации Cd (в 70 раз выше фона) и Co (в 5 раз выше фона). В осадках сточных вод города фиксировались высокие содержания тяжелых металлов. Например, уров-

ни Cd превышали допустимую норму в 3-4 раза [66]. По данным А.И.Ачкасова (1987), в осадках сточных вод Серпухова концентрируются Cr (Кс относительно фонового уровня в почвах 240), Ag (194), Cd (175), Zn (74), Bi (56), Hg (44), Cu (44), Ba (23), Sn (22), W (21), Ni (20), Sr (11), Pb (8), F (6), Mo (4), Co (3), Sb (2).

7.2. Полихлорированные терфенилы и бромпроизводные бифенила

В промышленности некоторых стран в свое время в качестве замедлителей горения, в производстве красок и клея и т. п. (вместо ПХБ) использовали полихлорированные терфенилы (ПХТФ)-[136]. В Японии с 1954 по 1972 г. было выпущено 2700 т ПХТФ [38]. В 1972 г. производство ПХТФ в США и Японии было прекращено.

Сведений о токсичности этих соединений мало, но было установлено их накопление в различных объектах окружающей среды. Повышенные концентрации ПХТФ в 1970-х гг. обнаруживались даже в некоторых расфасованных и упакованных продуктах питания (например, в рисе до 2,1 мг/кг). Источником их поступления в продукты питания являлись упаковочные материалы (бумага и картон), где их содержание в некоторых случаях достигало 31 мг/кг. ПХТФ достаточно хорошо всасываются из желудочно-кишечного тракта, но их аккумулирование в жировой ткани по сравнению с другими тканями, как правило, значительно меньше, нежели в случае с ПХБ. Эксперименты на животных показали вероятность воздействия ПХТФ на печень и желудок. Исследования, выполненные в середине 1970-х гг. в Японии, позволили установить, что уровни этих соединений в крови добровольцев, не подвергавшихся профессиональному воздействию, составляли в среднем 0,5 мкг/100 мл.

Известны также бромпроизводные бифенила (БДФ), которые встречаются значительно реже и менее изучены в токсикологическом плане [35]. Технические продукты представляют собой смеси БДФ, содержащих от 4 до 7 атомов брома. Большинство БДФ являются жидкостями. Они менее летучи, чем ПХБ. Получают их путем бромирования бифенила. БДФ используются в качестве антипиренов, в производстве пластификаторов, ингибиторов горения, растворителей и диэлектриков. Их действие на живые организмы в целом сходно с таковым хлорпроизводных бифенилов, но они, как правило, менее токсичны. В некоторых исследованиях показано присутствие высоких концентраций этих соединений в воде и донных отложениях поверхностных водоемов и водотоков, а также в организме людей. Согласно классификации экспертов МАИР,

БДФ относятся к веществам группы 2b, которые «возможно канцерогенны для человека». Обнаружено влияние БДФ на систему иммунитета. У человека их воздействие может сопровождаться воспалением волосяных фолликулов, выпадением волос, покраснением и шелушением кожи и т.п.

В свое время были установлены случаи массового отравления людей БДФ из-за случайного загрязнения корма домашнего скота (в 1973 г. в США, шт. Мичиган), когда с партией кормовой добавки были по ошибке смешаны 10-20 мешков замедлителя горения “Firemaster” (под таким названием Мичиганская химическая компания выпускала БДФ). У животных развились признаки серьезного отравления: потеря веса, истечение слизи из глаз и носа, гипертрофия копыт, резкое снижение молочной продуктивности и др. Контакт с больными животными и потребление зараженных молочных продуктов послужили причиной заболеваний фермеров и населения [35;149]. В этом случае погибло или было забито 30 тыс. голов крупного рогатого скота, 6 тыс. свиней, 1500 овец и 1,5 млн. кур. Кроме того, пришлось уничтожить 8 т сыра, 1,1 т масла, 1,5 т продуктов из сухого молока и 5 млн. яиц. В штате Мичиган ПДК БДФ в мясе составляла 0,3 мг/кг; у пораженных животных были обнаружены следующие их концентрации: в молоке 595 мг/кг, в птице 4600, в яйцах 59,7 и до 2700 мг/кг в мясе. Многие фермеры, чей скот содержал эти поллютанты в количестве ниже предельного, также сообщали о болезненных проявлениях у скота и членов семьи. В связи с этим случаем производство и использование БДФ в США было прекращено, а их применение возможно лишь в замкнутых системах. Тем не менее Мичиганская химическая компания успела выпустить 12 млн. фунтов указанного препарата и его дальнейшая судьба неизвестна.

7.3. Хлорнафталин и гексахлорбутадиен

Хлорпроизводные нафталина используются в производстве конденсаторов и изоляции проводов. По сравнению с другими группами галогенированных ароматических соединений хлорнафталины менее токсичны. Их токсичность возрастает с увеличением количества атомов хлора в молекуле. Обычно в производственных условиях у человека патологические изменения, вызванные воздействием хлорнафталинов, возникают через 3-12 месяцев после контакта. Отмечаются отсутствие аппетита, тошнота, жалобы на ухудшение пищеварения. В особо тяжелых случаях, особенно при совместном воздействии с хлорпроизводными бифенила, может развиваться острая или подострая желтая дистрофия печени, вплоть до коматозного состояния [35].

Наиболее ранним признаком действия этих поллютантов считают отеки, связанные с гипопротеинемией, а также появление сыпи на коже. Обычно процент поражений кожи у работающих достаточно велик, причем заболевания возникают уже через несколько недель или месяцев после начала контакта. После появления ранних признаков может развиваться желтуха. Патоморфологические изменения характеризуются токсической дистрофией с резким уменьшением массы печени, гибелью паренхимы этого органа, цирротическими и регенеративными процессами; известны и другие морфологические признаки интоксикации. Экспериментальные данные свидетельствуют о накоплении хлорпроизводных нафталина в печени и жировой ткани подопытных животных.

В качестве трансформаторных и гидравлических жидкостей используется также представитель хлорпроизводных непредельных углеводородов - гексахлор-1,3-бутадиен (ГХБД). Но, видимо, потребление его для этих целей невелико. Главным образом он применяется при производстве синтетического каучука, смазочных материалов, резин, а также как пестицид [34]. ГХБД - высокотоксичное соединение, вызывающее наркоз и обладающее нефротоксическим и эмбриотропным действием, а также выраженной кожно-резорбтивной токсичностью; повреждает паренхиматозные органы. В экспериментах на животных установлены его канцерогенные и мутагенные эффекты. В условиях производства у работающих отмечались астено-вегетативный синдром, изменения со стороны черепно-мозговых нервов, диффузные изменение в миокарде, заболевания печени и желчно-выводящих путей, раздражительность, утомляемость, тремор пальцев рук, нарушение сна, головные боли и пр. В организм человека он может поступать ингаляционно, внутрижелудочно, через неповрежденную кожу. Судя по всему, ГХБД способен накапливаться в жировой ткани, печени, крови, головном мозге, почках, селезенке. В организме подопытных животных отмечалась его биотрансформация с образованием метаболитов, обладающих нефротоксичностью.

Считается, что концентрация ГХБД в почвах не более 0,5 мг/кг не опасна для здоровья людей и не влияет на общесанитарные показатели. Тем не менее по стойкости во внешней среде этот поллютант относится к 1 группе гигиенической классификации [215].

7.4. Растворители и лакокрасочные материалы

Электротехнические заводы в технологических процессах и операциях используют значительные количества различных органических растворителей, обезжиривателей, диэлектриков, эмалей и лакокрасочных

материалов, часть которых в конечном счете поступает в среду обитания в составе выбросов, стоков, отходов и конечных изделий. Например, Ардатовский светотехнический завод ежегодно выбрасывает в атмосферу до 70-80 т ксилола, 11 т уайт-спирита и других растворителей. В выбросах Саранского электролампового завода содержится до 7-11 т/год бутилацетата, > 4 т трихлорэтилена; в выбросах завода по производству специальных источников света и электровакуумного стекла (Саранск) присутствуют ацетон (2-4 т/год), бутилацетат (2-5 т); в выбросах Саранского кабельного завода - бутилацетат, этилацетат, ацетон, спирты, толуол. Использование этих веществ связано с такими технологическими операциями, как обезжиривание, очистка, пайка, травление, окраска и т. п.

Среди органических растворителей особое место принадлежит ксилолам [34]. Технический ксилол представляет собой смесь изомеров, содержащих также примеси некоторых других ароматических углеводородов. Он используются в качестве растворителя лаков, красок, мастик. При пропитки изделий лаками на электротехнических заводах его содержание в воздухе рабочей зоны может достигать 150-400 мг/м^3 (ПДК в рабочей зоне=50 мг/м^3). Содержание в воздухе промышленных городов 0,05-0,78 мг/м^3 (при ПДК=0,2 мг/м^3). Ксилол обнаружен в поверхностных, подземных и питьевых водах. В почвах он подвергается процессам микробиологической деградации. Ксилол обладает токсическим действием и в высоких концентрациях оказывает негативное воздействие на живые организмы. Он достаточно легко проникает в жировую ткань и очень медленно высвобождается из организма [125]. Для него характерно также наркотическое действие, вплоть до потери сознания. Длительная экспозиция к ксилолу вызывает сердечно-сосудистые и желудочные расстройства. Симптомами отравления при значительных содержаниях ксилола являются: понижение способности к концентрации внимания, нарушение зрения и вестибулярного аппарата, головные боли. Он может также приводить к развитию токсикомании благодаря эффекту привыкания.

Широко применяемым растворителем является ацетон, который в целом малотоксичен. Однако при вдыхании он накапливается в организме и поскольку выводится из организма очень медленно, то в условиях постоянной и значительной экспозиции возможны хронические отравления.

В электротехнической промышленности используются также вещества, которые вносят определенный вклад в разрушение озонового слоя [34]. Среди них фторпроизводные алканов и алкенов (применяются в электротехнической промышленности для производства электроизоляции, проводов, кабелей, используются также как растворители и диэлектрики) и хлорпроизводные алканов (обезжиривающие растворители).

Фторпроизводные алканов и алкенов способны вызывать наркоз и судороги, поражают нервную систему, приводят к развитию поражений легких и к изменениям в печени; некоторые из них - капиллярные яды. Хлорпроизводные алканов (четыреххлористый углерод, 1,1,1-трихлорэтан, хлороформ, хлорэтилен, хлорпарафин, гексахлорэтан и др.) вызывают наркоз, являются опасными ядами, поражающими печень, почки, ЦНС; некоторые из них обладают канцерогенным, мутагенным, тератогенным и эмбриотропным действием (главным образом, в экспериментах). В производственных условиях могут являться причиной острых дерматитов, экзем и длительно не заживающих язв. В настоящее время эти соединения обнаружены практически во всех компонентах окружающей среды. При трансформации в воздухе и в природных водах некоторые из этих соединений образуют фосген, хлорводород, трихлорэтилен. При разложении в условиях природной среды они способны также давать антропогенный хлор, который участвует в разрушении озонового слоя в стратосфере. Естественно, что вклад "электротехнических" растворителей заметно меньше, чем традиционных источников озоноразрушающего хлора. Тем не менее сокращение объемов использования указанных соединений в электротехнической промышленности не только снизит вероятность их прямого воздействия на рабочих и среду обитания, но уменьшит вклад в истощение озонового слоя. Многие крупнейшие электронные и электротехнические компании мира предпринимают активные усилия в этом направлении. Например, компания Intel изменила состав своих припоев и флюсов, что исключило необходимость применения хлорфторуглеводородистых растворителей [98].

Широкое использование в электротехнической промышленности находят лакокрасочные материалы (лаки, эмали, краски). Мировое производство таких материалов составляет около 20 млн. т в год. Более 50% всех лакокрасочных покрытий используется в машиностроении. Подготовка металлических поверхностей заключается в их очистке различными способами, в том числе химическими. Последние включают: 1) обезжиривание поверхности - обработка водными растворами NaOH, а также Na_2CO_3, Na_3PO_4 или их смесями, содержащими ПАВ и другие добавки, органическими растворителями (бензин, уайт-спирит, три- или тетрахлорэтилен и др.) либо эмульсиями, состоящими из органического растворителя и воды; 2) травление - удаление окалины, ржавчины и т. п. с поверхности действием 20%-ной серной кислоты или 18-20%-ной соляной кислоты; 3) нанесение конверсионных слоев (обработка металла водорастворимыми однозамещенными ортофосфатами Mn-Fe, Zn или Fe; оксидирование, чаще всего электрохимическим способом на аноде; 4) полу-

чение металлических подслоев - цинкование или кадминирование, обычно электрохимическим способом на катоде. Химические методы обеспечивают высокое качество подготовки поверхности, но сопряжены с последовательной промывкой водой и горячей сушкой поверхностей, а следовательно, с необходимостью очистки сточных вод. Большинство лаков и красок содержат токсичные органические растворители и другие вещества. Например, диеновые углеводороды, присутствующие в некоторых лаках, красках, пластиках, вредно влияют на ЦНС, раздражают слизистые оболочки, а при хронических отравлениях в производственных условиях способны вызывать нарушение гемодинамики, дистрофические изменения паренхиматозных органов, раздражение кроветворных органов. В составе битумных лаков и пигментированных материалов на их основе, используемых в электротехнике для пропитки обмоток и окраски деталей электродвигателей, содержатся канцерогенные вещества.

Хорошо известно, что повреждения кожных покровов на производстве являются наиболее распространенными профессиональными заболеваниями. Есть данные, показывающие, что в зарубежных странах около 65% случаев выплат по страховым полисам связано именно с производственными заболеваниями кожи [315]. Несмотря на то, что истинные случаи производственных дерматитов трудно оценить, считается, что на их долю приходится до 1 млн. дней нетрудоспособности вследствие неудовлетворительных условий труда. Важнейшей причиной развития производственных раздражающих и аллергических контактных дерматитов являются, в первую очередь, органические растворители, диэлектрики, лакокрасочные материалы. Электротехнические предприятия отличаются повышенным риском развития производственных дерматитов. Особую опасность может представлять совместное действие органических поллютантов и тяжелых металлов, которые постоянно присутствуют в рабочей среде в высоких концентрациях.

7.5. Полихлорированные дибензо-*n*-диоксины и дибензофураны

В настоящее время считается, что ПХБ и хлорнафталин (в меньшей степени), используемые в электротехнической промышленности, являются одними из основных источников образования полихлорированных дибензо-*n*-диоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ) - чрезвычайно токсичных и опасных поллютантов, обладающих широким спектром негативного воздействия на живые организмы. Однако в реальности источники эмиссии и поступления этих соединений в окружающую среду раз-

нообразны и многочисленны. Это, прежде всего, процессы получения хлорфенолов и продуктов на их основе, замещенных хлорбензолов, синтез алифатических хлорпроизводных, процессы в неорганической хлорной промышленности и др., процессы горения в широком смысле слова (но особенно, сжигание мусора и различных отходов), а также автомобильный транспорт на этилированном бензине [197;208;219]. Значительное количество диоксинов и диоксиноподобных веществ поступило в окружающую среду вместе с хлорорганическими пестицидами (это были главным образом пестициды на основе 2,4,5-ТХД, производство которых в промышленно развитых странах было запрещено). Тем не менее электротехническая промышленность вносит существенный вклад в загрязнение среды обитания этими поллютантами (производство, использование и утилизация трансформаторов, конденсаторов, изоляционных материалов, проводов и кабелей, люминесцентных ламп). Например, источники поступления диоксинов в биосферу по степени убывания вклада ранжируются следующим образом: 1) производство и использование гербицида 2,3,4-Т (в большинстве стран производство и использование запрещено - Е.Я.); 2) производство пентахлорфенола; 3) производство тетрахлорфенола; 4) производство 2,4,5-трихлорфенола; 5) производство ПХБ; 6) сжигание бытовых отходов; 7) различные хлорные производства; 8) сжигание химических отходов [199],.

В свое время Агентство по охране окружающей среды США издало список веществ при производстве которых образуются или могут образовываться в ходе использования и утилизации диоксины [219]. Этот список включает 84 органических соединения и 33 биоцидных вещества, а также различные препараты на их основе, поступающие на рынок. Согласно этому списку, особенно большое значение имеют ди-, три- и пентахлорфенолы, ди- и трихлорфеноксиалкильные кислоты, гексахлорбензол, хлорнафталин, гексахлорфен и ПХБ.

Многие представители диоксинов и дибензофуранов относятся к супертоксичным и наиболее опасным органическим поллютантам. Проблема загрязнения среды обитания диоксинами и родственными им соединениями считается одной из самых серьезных и актуальных, которой посвящено огромное количество исследований и публикаций.

Полихлорированные дибензо-*n*-диоксины и дибензофураны являются представителями хлорированных циклических ароматических эфиров, в которых два бензольных кольца с различной степенью хлорирования связаны между собой двумя атомами кислорода в ортоположении (ПХДД) или одним атомом кислорода и связью С-С (ПХДФ); для замещения атомами хлора остаются 8 мест (1,2,3,4 и 6,7,8,9). Известно 75

изомеров среди гомологов ПХДД и 135 изомеров гомологов ПХДФ. Существуют также полихлорированные дибензо-*п*-диоксины и дибензофураны и смешанные хлорированные и бромированные изомеры, которые являются продуктами термических превращений бромсодержащих веществ, применяемых в пластмассах и других полимерных материалах [219]. Важно отметить, что данные соединения не синтезируются специально, а в основном образуются в ходе технологических процессов или при сжигании различных материалов.

Диоксины и родственные им вещества поступают в организм человека или животного через кожу, с вдыхаемым воздухом и особенно с пищей. Благодаря липофильному характеру ПХДД и ПХДФ обнаруживаются в жировых тканях, печени людей, женском молоке, продуктах животноводства, в рыбе, а также в растительной пище в самых различных районах мира. Коэффициенты концентрирования 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксина (2,3,7,8-ТХДД; наиболее токсичное и изученное вещество этого класса) в живых организмах могут превышать его содержание в обычных условиях среды обитания в 100-20000 раз [200].

Различные представители этих поллютантов обнаруживаются в почвах городов, в поверхностных водотоках и водоемах, в материалах свалок. Период полураспада 2,3,7,8-ТХДД в почве составляет около 10-20 лет, а в человеческом организме, по-видимому, не менее нескольких месяцев [125]. Г.Фелленберг [200] приводит данные о том, что в почвах Севезо (район наиболее крупной промышленной аварии, обусловленной катастрофическим загрязнением среды обитания 2,3,7,8-ТХДД) период полураспада этого соединения оценивался в 2-3 года; в США это время считают равным 1 году. В пресных водах период полураспада составляет 1 год, причем в донных отложениях не было замечено каких-либо признаков разложения этого поллютанта. Особую опасность с эколого-гигиенических позиций представляет тот факт, что диоксины и подобные им вещества интенсивно кумулируются в депонирующих средах (почвы, донные отложения) и накапливаются в пищевых цепях. По данным обобщения [11], средние глобальные концентрации диоксинов в пресной воде составляют 1 пг/л, в океанской - 0,1 пг/л, в верхнем слое почв 1 нг/кг. В жировой ткани человека промышленных стран диоксинов содержится в среднем 7 нг/кг, в неиндустриальных - 1 нг/кг.

В настоящее время в экспериментах показано, что диоксины обладают канцерогенным, тератогенным и мутагенным действием. Надежных эпидемиологических данных, доказывающих канцерогенное действие этих соединений, не имеется. Ф.Корте и др. [219] считают, что диоксины

являются, по-видимому, промотором роста опухолей, инициированных первичными канцерогенами.

Клиническими симптомами интоксикации тетрахлордибензодиоксинами являются (Abel, 1979; цит. по [219]: 1) действие на кожу: хлоракне, гиперкератоз, гиперпигментация, гирсутизм; 2) системные воздействия: нарушения деятельности печени, повышение уровня трансаминазы, жиров и холестерина в крови, интестинальные нарушения с явлениями диареи, кардиоваскулярные явления, воспаления мочевых путей; 3) неврологические нарушения: потеря либидо, головные боли, периферические невропатии, снижение чувствительности органов чувств; 4) психические нарушения.

Несчастные случаи в связи с воздействием ТХДД всегда характеризуются как острые отравления, вплоть до смертельных случаев. В настоящее время известно много таких ситуаций, обусловленных катастрофическим загрязнением производственной и природной среды диоксинами (авария на химическом концерне в итальянском городе Севезо, заболевания рабочих химических предприятий в Германии, тяжелые последствия воздействия на участников войны во Вьетнаме, включая врожденные аномалии у новорожденных вьетнамских детей, и др.). В Севезо у сотен людей, в том числе у детей, развилось хлоракне; около 35 тыс. домашних животных погибли или были забиты; осуществлена эвакуация населения с территории площадью 87 га. До настоящего времени этот район является закрытым и находится под строжайшей охраной [125]. В близких к месту аварии районах Сев. Италии на протяжении многих месяцев после нее наблюдалось повышенное число врожденных аномалий у новорожденных детей, включая поражения спинного мозга.

Очень показателен случай загрязнения диоксинами в одном из районов американского штата Миссури. Здесь в начале 1970-х гг. некий торговец отработанным техническим маслом подмешал к нему химические отходы, содержавшие экстремально высокие примеси 2,3,7,8-ТХДД, и использовал эту смесь в качестве противопылевого связывающего средства, которое разбрызгивалось на дорогах. В результате этого в среду обитания поступило около 60 кг опасного поллютанта, загрязнившего прилегающие к дорогам территории и палисадники домов примерно в 100 населенных пунктах. В связи с сильным загрязнением в 1983 г. были эвакуированы 2000 жителей городка Таймс-Бич [125].

Как уже отмечалось, в России в 1996-1997 гг. осуществлялась, хотя и с определенными финансовыми трудностями, федеральная целевая программа “Защита окружающей природной среды и населения от диоксинов и диоксиноподобных токсикантов”. К настоящему времени в рамках про-

граммы разработаны и аттестованы методики определения диоксинов и фуранов в различных природных и техногенных объектах, в изделиях и материалах, биологических объектах и др., а также государственные стандартные образцы ПХДД и ПХДФ для определения их в объектах среды обитания; создан банк данных по основным диоксиноопасным производствам и технологиям в России; определены основные подходы к принятию базовых нормативов платы за выбросы и сбросы диоксинов и фуранов и за размещение содержащих их отходов; разработаны и утверждены методические рекомендации по организации медико-экологических мероприятий при загрязнении окружающей среды данными поллютантами; подготовлена первая редакция методических рекомендаций по реабилитации территорий, загрязненных диоксинами; на примере Московской области разработаны подходы к районированию регионов по опасности загрязнения диоксинами подземных вод.

В России установлен единый временный ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) для ПХДД и ПХДФ в почве, равный 0,133 пг/г независимо от характера использования почв (утвержден Минздравом СССР в 1988 г.). Следует отметить, что за рубежом подобные нормы определяются характером использования земель.

Некоторые регионы России отличаются высоким уровнем загрязнения окружающей среды диоксинами и бензофуранами (Республика Коми, Горный Алтай, район г.Чапаевска, Уфа, Московская область и др.). Имеются сведения о нахождении этих поллютантов в грунтовых и подземных водах в районе Чапаевска, Серпухова, Уфы (в отдельных случаях концентрации 2,3,7,8-ТХДД достигали и даже превышали ПДК). В республике Коми главными источниками загрязнения среды обитания диоксиноподобными веществами являются предприятия лесохимического комплекса (Сыктывкарский лесопромышленный комплекс и др.). Уровни содержания соединений диоксинового ряда в донных отложениях р.Вычегды превышали “местный фон” в 8,3 раза, причем зона влияния прослеживалась до 300 км и более. В районе Чапаевска площадь экстремально загрязненной диоксинами территории оценивается в 50-66 км^2 с общей массой загрязняющего вещества до 300-670 г. Очень высок уровень загрязнения донных отложений р. Чапаевки (на ее 30-километровом отрезке ниже города средние значения диоксинов в донных отложениях варьируют от 2 до 36 мкг/т). В Московской области установлено 17 диоксиногенерирующих производств (5 из них электротехнического профиля), расположенных в 9 городах, причем непосредственно в Москве функционируют 8 таких заводов. Почвы вокруг целого ряда предприятий содержат концентрации диоксинов, превышающие существующие нормативы,

а в районе ПО “Оргсинтез” (г.Москва) обнаружены столь высокие уровни этих веществ, что, согласно оценкам международной группы экспертов, делает эти территории непригодными для проживания человека.

7.6. Краткие выводы

Электротехнические заводы потребляют значительные количества разнообразных органических веществ, большая часть которых являются ксенобиотиками и отличаются высокой степенью опасности для живых организмов и биосферы в целом. Многие их них присутствуют в составе материалов, используемых в технологических процессах. Обобщение данных показывает, что с деятельностью таких заводов и использованием электротехнических изделий могут быть связаны серьезные эколого-гигиенические проблемы, обусловленные загрязнением окружающей среды органическими соединениями. Особенно велико потребление органических веществ в виде (в составе) диэлектриков, растворителей и обезжиривателей (ксилол, толуол, спирты, кетоны, перхлорэтилены, ацетаты, бензины, керосин и др.), синтетических и нефтяных изоляционных масел, органических лаков, красок, пластиков, синтетических смол и восков, битумных лаков и пигментированных материалов на их основе, синтетических бумаг, химических волокон, изоляционных материалов и др.

Наиболее актуальной представляется проблема загрязнения среды обитания (производственной, жилой, природной) в связи с использованием и эмиссией различных растворителей, лакокрасочных материалов и особенно полихлорированных бифенилов, которые являются одними из основных источников образования дибензо-*n*-диоксинов и дибензофуранов. В результате эмиссии органических растворителей и использования лакокрасочных материалов в окрестностях электротехнических заводов в различных компонентах окружающей среды могут формироваться интенсивные зоны загрязнения. ПХБ и родственные им соединения, диоксины и бензофураны в настоящее являются глобальными поллютантами биосферы и встречаются практически во всех ее компонентах.

Проблема загрязнения среды обитания ПХБ и их производными является одной из приоритетных для России. Пример г.Серпухова показывает, что в окрестностях многих российских промышленных предприятий, производящих или использующих ПХБ и родственные им соединения, может существовать аналогичная напряженная экологическая ситуация. Особую опасность представляет наличие значительного количества вторичных источников поступления их в среду обитания, прежде всего, высоковольтных трансформаторов и крупных конденсаторов, а также

сжигание бытовых и промышленных отходов на необорудованных свалках, что сопровождается интенсивным загрязнением окружающей среды диоксинами и родственными им соединениями.

В самое ближайшее время представляется необходимым: 1) выполнить исследовательские работы в районе предприятий, производящих (производивших) или использующих (использовавших) ПХБ бифенилы в технологическом цикле с целью оценки сложившейся ситуации и разработки комплекса санитарно-гигиенических и природоохранных мероприятий; 2) ввести обязательную маркировку специальными предупреждающими значками изделий, содержащих ПХБ; 3) обеспечить необходимой защитой оборудование, содержащее ПХБ (особенно находящиеся в длительной эксплуатации мощные электротрансформаторы и конденсаторы); 4) на предприятиях и в организациях организовать учет продукции, содержащей ПХБ; 5) решить вопрос о регенерации ПХБ из вышедшего из строя оборудования, включая создание специальных предприятий, прежде всего на муниципальном уровне, по учету, сбору и утилизации вышедших из строя ПХБ-содержащих изделий, приборов, промышленных установок; 6) осуществить на федеральном и региональном уровнях специальные программы, направленные на внедрение на предприятиях новых технологий, исключающих широкое использование полихлорированных бифенилов; 7) провести среди населения просветительскую кампанию, подготовить и издать для широкого круга пользователей справочники по опасности загрязнения среды обитания ПХБ.

8. Гигиенические аспекты использования силикатов в электротехнических изделиях

Практически любое промышленное производство сопровождается выделением в окружающую среду пыли, которая способна вызывать у человека разнообразные патологии и оказывать непосредственное токсическое воздействие. Особое значение имеет пыль кварца (кремнезема), содержащая диоксид кремния (SiO_2) в свободном состоянии, а также минеральная волокнистая пыль, биологическое действие которой весьма разнообразно и во многом зависит от ее вида и происхождения.

Среди волокнистой пыли наиболее агрессивной является пыль асбеста (асбестовое волокно), обладающая широким спектром негативных воздействий на живые организмы. Под термином «асбест», как известно, объединяется ряд тонковолокнистых минералов, легко распадающихся на отдельные волокна, достаточно прочные и настолько гибкие, что они находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в

сельском хозяйстве, строительстве, в быту. По химическому составу асбестовые минералы являются водными силикатами магния, железа, натрия, кальция; возможны примеси некоторых тяжелых металлов и полициклических ароматических углеводородов. В природе они встречаются в виде амфиболовых и серпентинитовых асбестов. Амфибол-асбесты относятся к силикатам ленточной структуры; серпентинитовый, или хризотиловый (наиболее используемый в практических целях), асбест - к слоистым (листовым) силикатам.

Достаточно давно установлено, что у лиц, длительное время контактирующих с асбестом, вероятно возникновение асбестоза, гиалиноза и кальцификации плевры, рака легких, мезотелиомы, неоплазии других органов [6;214;236]. Асбест во многих странах мира отнесен к категории опасных поллютантов. В 1983 г. Международная организация труда утвердила «Правила обеспечения безопасности при использовании асбеста», а Европейское региональное бюро ВОЗ включило асбест в список приоритетных канцерогенов. В 1986 г. МОТ приняла Конвенцию № 162 «Об охране труда при использовании асбеста», которую ратифицировали 10 и поддержали более 100 стран. Во многих странах приняты законодательные акты, согласно которым производство и использование асбеста будет сокращаться и/или прекращено совсем. Есть сообщения, что Европейский Союз готовит решение о тотальном запрете на применение асбеста (Финансовые известия, 14.04.98). В России асбест, а также тальк, содержащий асбестовые волокна, отнесены к канцерогенным веществам [130]. Все асбестосодержащие пыли отнесены к III классу опасности и имеют пометки «К» и «Ф», что предупреждает о фиброгенности и канцерогенности асбеста.

Масштабы использования асбеста в электротехнической промышленности относительно невелики и вряд ли превышают 1-1,5% от общего его годового потребления в мире. Например, в США (конец 1970-х-начало 1980-х гг.) из общего объема потребления асбестового волокна только 0,3% использовалось для изготовления электро- и термоизоляторов; кроме того, 1% применялся в производстве асбобумаги и 0,6% - текстильных материалов, которые используются в электротехнике. Расчеты показывают, что в последние 30-40 лет в производстве различных материалов для электротехнической промышленности ежегодно применялось ~ 20-40 тыс. т асбестового волокна.

В настоящее время асбестовое волокно и асбестосодержащие материалы в электротехнической промышленности используются при производстве электро- и термоизоляторов, изоляционных лент; материалы, содержащие асбест (обмотки, прокладки, шнуры, трубки, термоизоляци-

онные платы и сегменты и пр.), входят в состав различных приборов и изделий. Картон с асбестовыми волокнами, пропитанный битумом, используется в качестве защитного покрова при монтаже линий маслонаполненных кабелей высокого давления в стальных трубопроводах; в качестве материала кабелепроводов применяется также асбестоцемент. Асбест входит в состав волокнитов и аминопластов, используемых для изготовления корпусов приборов, выключателей, штепсельных розеток. Его применяют также в качестве наполнителя при производстве электроизоляционных кремнийорганических лаков.

Асбест присутствует в ряде коммерческих товаров, достаточно широко используемых в бытовых целях: кухонные печи, электрокамины, холодильники, сушильные аппараты, электро- и термоизоляционные материалы, некоторые виды пластмасс и т.п. Естественно, что степень опасности содержащих асбест потребительских изделий и материалов во многом зависит от матрицы, в которую заключено его волокно, а также от частоты и длительности пользования изделиями. С этих позиций, видимо, большая часть электротехнических изделий является в отношении асбестовой опасности «инертной». Повышенную угрозу для человека могут представлять электропечи и электрокамины, имеющие в своей конструкции этот материал. Например, исследование помещений, для отопления которых использовались подобные приборы, показало наличие в воздухе в значимых количествах волокон асбеста [276]. При длительной эксплуатации таких изделий выделение асбестовой пыли может интенсифицироваться. Исследованиями Х. Возняк и др. [319], посвященных изучению влияния термически обработанного хризотил-асбеста на подопытных животных, было установлено, что он оказался более агрессивным, нежели нативный асбест. Возрастание нейтротоксичности и фиброгенности асбеста после термообработки обусловлено изменением его кристаллической структуры. Бытовые воздействия асбеста могут являться причиной развития у людей мезотелиомы плевры. Так, в итальянских городах Специя и Леворно в период 1958-1988 гг. установлено 6 случаев мезотелиомы, обусловленных влиянием асбеста, поступающего в жилую среду из электротехнических изделий [253].

Электроизоляционные (особенно старые) материалы, присутствующие в производственных и жилых зданиях, также являются источником асбестовой пыли и представляют определенную угрозу для профессиональных рабочих (электриков, строителей и т.п.) и населения, особенно при ремонтных работах, при наличие вибрации и т.п. Так, при ремонте изоляционных материалов волокна асбеста, поступая в воздух, создают концентрации, превышающие гигиенические стандарты [289]. Реконст-

рукция или снос старых зданий, как правило, сопровождается поступлением значительных количеств асбестовой пыли в среду обитания.

Таким образом, с “электротехническим” асбестом могут быть связаны определенные гигиенические и экологические проблемы как на производстве, так и в условиях среды обитания, прежде всего, в быту. Необходима маркировка содержащих асбест изделий предупреждающими значками. Более эффективным является его замена на безопасные материалы, что, к сожалению, не всегда возможно. При использовании асбестосодержащих материалов на электротехнических предприятиях необходимо уделять внимание вопросам профессиональной безопасности. При ремонтных работах, реконструкции и сносе старых зданий следует учитывать потенциальную возможность загрязнения среды обитания асбестовой пылью. Вышедшие из строя асбестосодержащие изделия и материалы должны захоронятся на оборудованных полигонах.

Другим относительно широко используемым в электротехнической промышленности силикатом является тальк (слоистый силикат), который представляет собой гидросиликат магния и содержит Fe, Ni, другие химические элементы. Характерной особенностью тальксодержащих пылей является листовидная, или чешуйчатая, форма частиц. Во многих разновидностях талька присутствуют включения асбестовых минералов [158].

Молотый тальк (в смеси со слюдяными частицами) используется как диэлектрик в кабельной промышленности (для нанесения на поверхность кабеля в меловых ваннах с целью предотвращения слипания его витков на тяговом колесе и барабане) и в производстве электрокерамики (изоляторов). Технический стеатит (керамический материал, являющийся продуктом спекания талька с каолином и углекислым барием) применяется для изготовления высокочастотных изоляторов для радиоэлектронной аппаратуры. Тальк входит в состав аминопластов и волокнитов, используемых для изготовления корпусов приборов, электроустановочных изделий и пр.; его добавляют в электротехническую алюмосиликатную керамику, в электроизоляционные кремнийорганические лаки, в некоторые масляные краски и полиакриловые лаки.

Хроническое воздействие тальковых пылей вызывает у животных и людей развитие диффузно-склеротической формы пневмокониоза - талькоза. Есть сведения, что тальк даже более фиброгенен, нежели некоторые виды асбеста. Как отмечалось выше, в России тальк, содержащий асбестовые волокна, отнесен к канцерогенным веществам. На тальковом предприятии существует повышенный риск заболевания раком легких и желудка [33]. Тем не менее даже при весьма высоких уровнях запыленности этот риск существенно ниже, чем на асбестовых предприятиях (при

заметно меньших концентрациях пыли). Поэтому на электротехнических предприятиях вряд ли можно ожидать высокой опасности воздействия талька на человека. По-видимому, соблюдение общепринятых мер профилактики и индивидуальной защиты позволит резко снизить потенциальное негативное воздействие этого силиката.

Слюды представляют собой группу (семейство) минералов подкласса слоистых силикатов, способных расщепляться на очень тонкие листочки с ровной и гладкой поверхностью [43]. Основные разновидности - флогопит, мусковит, биотит, лепидолит, циннвальдит, маргарит, вермикулит, глауконит. Непосредственное промышленное значение имеют крупные пластинки мусковита, флогопита и биотита. Используются также искусственные слюды.

Пластины мусковита и флогопита являются незаменимым изоляционным материалом в электротехнике (электроизоляционные слюдобумага и материалы). В качестве электроизоляционных материалов применяются также миканиты, склеенные из мелких листочков щипаной слюды, микафолии - из подобных листочков, наклеенных на бумагу, и микаленты - слои щипаной слюды, оклеенные с обеих сторон специальной бумагой [33]. Слюдяная промышленность выпускает свыше 300 наименований слюдяной продукции, которые используются в основном в электротехнике, радиоэлектронике, электромашиностроении, электротермии [43]. Выше упоминалось о слюдяных электроконденсаторах, в которых диэлектриком служит листовая слюда, а обкладками - фольга или слой напыленного на слюду металла. Эти конденсаторы отличаются высокой стабильностью электрической емкости и малым углом диэлектрических потерь. Смесь талька и слюдяных частиц используется в производстве кабелей. В последние годы известны попытки создания кабельных изоляционных бумаг путем добавления к целлюлозе слюды в виде мелких чешуек. Слюду используют также в качестве наполнителя при производстве электроизоляционных кремнийорганических лаков, широко используемых в кабельной промышленности.

Токсическое действие слюд во многом схоже с воздействием на человека других силикатов. В в экстремальных условиях, типичных главным образом для слюдообрабатывающей и горнодобывающей промышленности, возможно развитие слюдяного пневмокониоза, хронического бронхита и профессиональных дерматозов [33;185]. Можно предположить, что на электротехнических заводах степень опасного воздействия люд на человека будет многократно ниже. Использование различных изделий также, по-видимому, не представляет серьезной угрозы здоровью людей.

Каолин - тонкодисперсная глинистая порода, состоящая в основном из каолинита (минерала подкласса слоистых силикатов). Его обогащенную разновидность используют как сырье в производстве тонкой, электротехнической керамики (изоляторы и пр.), в кабельной промышленности, в качестве наполнителя в масляных красках. Длительное вдыхание каолиновой пыли способно вызвать пневмокониоз нерезкой степени с разрастанием фиброзной соединительной ткани вокруг альвеол, бронхов, в лимфатических узлах, с утолщением плевры и деформацией легочных сосудов. Однако подобные изменения наблюдаются лишь у рабочих с большим (17-20 и более лет) стажем работы [185] и, по-видимому, только в производстве огнеупоров, где потребление каолинов достаточно объемно.

Карбид кремния (SiC) используется в качестве абразивного материала для шлифовки стекла, эбонита и металлов с низким сопротивлением разрыву, а также для изготовления нагревательных элементов, термостойких термопар, электродов. В условиях производства при длительном вдыхании пыли карбида кремния у рабочих абразивных цехов выявлены хронический бронхит, относительно доброкачественный пневкониоз, а также их сочетание, наиболее неблагоприятное в отношении функциональной патологии системы дыхания [33]. Нитрид кремния (Si_3N_4) применяют в качестве изоляционного материала.

Широкое применение в электротехнической промышленности находят керамические изделия. Алюмосиликатная керамика используется при изготовлении корпуса галогенных ламп; керамика на основе SiO_2 и других оксидов - в производстве изоляторов; карбидную керамику и керамику на основе MgO применяют в электронагревателях, электрических печах; силицидную керамику - в электронагревателях, работающих в окислительных средах. В керамических материалах обнаружены Zr, Ba, Li, Ca, Sr, Ti, Ni, Co, Mn, Zn, W, Nb, Mo. В пылях цехов по производству электронагревателей с использованием указанных материалов в повышенных содержаниях присутствовали Sb (Кс относительно фона в почвах=100), Sn (2,9), Ni (2,5), Cu (2,2), Zn (2), Mo (2)-[164].

В последние годы все более расширяется производство искусственных минеральных волокон, особенно силикатного и алюмосиликатного состава стекловидной структуры, способных образовывать пыль волокнистой или игольчатой формы, обладающей негативным воздействием на человека [214]. Применение искусственных минеральных волокон в электротехнике связано с их высокими электроизолирующими свойствами. Кварцевые волокна используют для создания волоконно-оптических (световодных) линий связи и систем передачи информации. Рост объемов

применения синтетических минеральных волокон приводит к увеличению числа лиц, контактирующих с этими материалами, что вызывает необходимость повышения требований к чистоте воздуха рабочих помещений.

Таким образом, из всех используемых в электротехнической промышленности силикатов наиболее серьезные гигиенические и экологические проблемы могут быть связаны с асбестовым волокном, прежде всего, в бытовых условиях. В отношении других силикатов соблюдение стандартных мер профилактики и индивидуальной защиты, видимо, позволяет резко снизить их потенциальное воздействие на человека. Тем не менее рост объемов применения природных и искусственных силикатов на электротехнических заводах приводит к увеличению числа лиц, контактирующих с этими материалами, что обусловливает необходимость соблюдения соответствующих санитарно-гигиенических правил и требований. Особую опасность может представлять пыль, образующаяся при использовании керамических материалов в производстве электротехнических изделий и обогащенная токсичными элементами.

9. Электромагнитное излучение как экологический фактор

До недавнего времени к основным абиотическим факторам среды обитания, определяющим экологические условиях проживания живых организмов, относили в основном температуру, атмосферное давление, газовый и химический состав, влажность, свет. В последнее время особое внимание уделяется так называемым гелиогеофизическим параметрам окружающей среды, во многом зависящим от солнечной активности, - магнитное поле Земли, электрические, электромагнитные и другие физические поля. Имеются предположения и конкретные данные о влиянии и значении естественных электромагнитных явлений для функционирования живых организмов и биосферы в целом [9;62;115;140]. Проблемой изучения гелиофизических параметров среды обитания интересовались В.И.Вернадский [27;28] и А.Л.Чижевский [211], высказавшие много оригинальных соображений по этому вопросу.

Важнейшим свойством окружающей среды является наличие природного электромагнитного поля (ЭМП), посредством которого осуществляется взаимодействие электрически заряженных частиц или частиц, обладающих магнитным моментом. Возмущения ЭМП, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью, носят название электромагнитных волн (ЭМВ). Всю совокупность электромагнитных явлений, т. е. явлений, связанных с существованием, движением и взаимодействием

электрических зарядов, называют электричеством. В зависимости от частоты (или длины волны в вакууме), а также от источников излучения и способов возбуждения различают несколько видов электромагнитных волн (рис. 11). Движение электрических зарядов есть основа многих процессов и явлений, которые происходят вокруг нас и во Вселенной в целом. В наше время трудно назвать такую область человеческой жизни и деятельности, которая не зависела бы от явлений, порождаемых движущимися электрическими зарядами. Более того, все нормальные функции организма обусловлены электрическими взаимодействиями. Информация, получаемая различными органами чувств, передается в мозг с помощью электрических сигналов. Работа мышц, в том числе дыхание и удары сердца, контролируются электрическими токами.

В настоящее время известно немало различных точек зрения и гипотез, касающихся физической интерпретации влияния естественных ЭМП на человека и другие живые организмы. Большинство исследователей полагают, что ЭМП влияют прежде всего на физико-химические процессы, а через них на направленность биохимических реакций и изменение жизнедеятельности клеток органов и тканей. Экспериментальные наблюдения и теоретические исследования дают основания считать, что естественный электромагнитный фон Земли является необходимым эволюционно сложившимся условием для нормальной жизнедеятельности биологических систем [77]. Есть концепция электромагнитного гомеостатирования биосферы, предполагающая, что в живом организме существует электромагнитный гомеостаз, защищающий организм в целом и отдельные его клетки от повреждающего воздействия ЭМВ. Отсюда логичным было предположение, что нарушение природного ЭМП (главным образом, рост напряженности ЭМП) в результате техногенной деятельности может иметь далеко не всегда благоприятные для человека последствия. Например, по мнению Ю.Григорьева [54], с точки зрения эволюционного процесса рост напряженности ЭМП можно рассматривать как одномоментный скачок с неясными пока биологическими последствиями.

Особенно резко (на 2-5 порядков) возросла напряженность ЭМП вблизи высоковольтных ЛЭП, электростанций, силовых подстанций, радио- и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи, различных энергетических и энергоемких установок, городского электротранспорта и в целом в города, где количество разнообразных источников ЭМИ постоянно увеличивается. Например, в Москве уровень электромагнитного фона увеличился на 2-3 порядка, отличаясь неоднородным в пространстве распределением, что является важнейшей особенностью ЭМП искусственного происхождения (табл. 60).

Рис. 11. Шкала электромагнитных колебаний

Пространственные особенности ЭМП зависят от рельефа и характера городской застройки. Как правило, в пониженных места уровень напряженности ЭМП минимален. Считается, что “пестрота” ЭМП не является естественной для человека и поэтому, видимо, особенно опасна. Особое значение могут также иметь ЭМИ в домашних условиях, связанные с воздействием электричества и электропроводки, электротехнических и электронных изделий и приборов (холодильники, электро- и микроволновые печи, аудио- и видеотехника, компьютеры и т. п.). Например, на расстоянии 3 см магнитная индукция при работе бытового фена равна 2000 мкТл, электробритвы - 1500 мкТл, тогда как естественный геомагнитный фон составляет 30-60 мкТл [190].

Биологическое действие электромагнитного излучения каждого частотного диапазона отличается своеобразием. В целом считается, что результатом продолжительного воздействия “техногенного” ЭМИ даже относительно слабого уровня могут быть онкологические заболевания, изменение поведения, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, синдром внезапной смерти внешне здорового ребенка, угнетение половой функции и многие другие состояния, включая повышение уровня самоубийств в крупных городах [54]. Очень опасно воздействие ЭМИ на развивающийся организм в утробе матери (эмбрион) и детей, а также на людей, подверженных аллергическим заболеваниям, поскольку они обладают исключительной чувствительностью к ЭМП.

Таблица 60. Уровень средней напряженности переменного электрического поля в диапазоне от 100 кГц до 3 ГГц, г.Москва [54]

Район	Относительная величина напряженности ЭМИ
Вне города	1,00
Троице-Лыково	1,01
Строгино (ул.Твардовского)	4,05
Строгино (ул. Маршала Катукова)	1,36
Кутузовский проспект	7,60
Садовое кольцо (Крымский мост)	4,16
Ленинградское шоссе	2,80
Крылатское	5,20
ул. Народного ополчения (радиоцентр)	9,40

Интерес специалистов к изучению последствий воздействия техногенных электромагнитных излучений на живые организмы резко возрос после 1979 г., когда американские исследователи опубликовали статью, в которой утверждали, что ЭМП сверхнизких частот (50-60 Гц), действуя на детский организм, могут привести к возникновению опухолей, в частности лейкозов [73]. По их наблюдениям, лейкозы возникали в 2-3 раза

чаще у детей, которые жили ближе к линиям высоковольтных передач. Как отмечалось ранее, при передаче электроэнергии по высоковольтным линиям электропередачи на каждые 100 км ЛЭП теряется в виде тепла от 1,5 до 10% электроэнергии. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии при ее передаче по проводам, таким образом, могут иметь не только экономический эффект, но и эколого-гигиеническое значение.

Эпидемиологические исследования последних лет показывают, что работники профессий, связанных с воздействием электромагнитных полей, чаще умирают от рака (лейкозов, опухолей головного мозга, лимфатической системы и др.), чем прочее население. Исследования, проведенные в США и ФРГ, связывают случаи смерти маленьких детей с проживанием вблизи трамвайных линий и линий метро, а также с использованием одеял-электрогрелок, создающих ЭМП. Обнаружено, что характер действия переменного ЭМП зависит от его частоты. ЭМИ через глаза могут проникать в головной мозг и оказывать влияние на образование мелатонина (на снижение) в эпифизе, что установлено в экспериментах на подопытных животных. Считается, что наличие ЭМП в автомобилях является причиной агрессивности многих водителей. Появился даже термин - электросмог [291]. Исследования Центра электромагнитной безопасности, выполненные в районе Зеленограда (Московская область), показали, что близ ЛЭП значения переменного электрического поля превышают в 2-2,5 раза предельно допустимый уровень, захватывая прилегающие тротуары (Известия, 31.08.1996). Согласно Национальному комитету защиты от излучений США, предельный уровень облучения определен в 0,2 мкТл. Швеция в 1995 г. уже законодательно определило этот уровень в качестве безопасного в местах пребывания людей.

Достаточно обоснованно предполагается, что проблемы, связанные с высоковольтными ЛЭП, в основном касаются воздействий только лишь в зоне непосредственно вокруг линий или под ними. Эти воздействия включают электрический шок, биологические эффекты, вызываемые ЭМП, и влияние коронного разряда[148]. ЛЭП способны вызывать электрошок у людей или животных, передвигающихся под ними. Наружное поле линии электропередачи обусловливает образование внутреннего электрического поля в живой ткани, причем на поверхности организма оно может быть более сильным. Коронные разряды, происходящие главным образом при плохой погоде, - это пробои воздуха, непосредственно окружающего ЛЭП. Особенно они заметны по характерному шуму (потрескивание, шипение), который намного ниже уровней, способных повредить слуху, но в определенной мере он может раздражать. Коронные разряды сопровождаются иногда радиоизлучением и химическими реак-

циями; они создают помехи для радио- и телесигналов. Образование озона и оксидов азота может негативно влиять на лесные насаждения. На высоковольтных ЛЭП корона на проводах вызывает потери энергии (до сотен кВт/км), особенно при атмосферных осадках.

В производственных условиях работающие обычно подвергаются действию ЭМП малой интенсивности [185]. Источниками ЭМИ являются некоторые производственные процессы, различное оборудование (линии передач энергии, генераторы, конденсаторы, блоки передатчиков, индукторы, фидерные линии и т. д.). Особую опасность может представлять сочетанное влияние на организм рабочих электротехнической и электронной промышленности ЭМИ и Pb, которое заключалось, по данным В.Я.Шустова и др. [216], в наличии у работающих наряду с изменениями в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, нарушения порфиринового обмена и некоторого снижения содержания эритроцитов и гемоглобина, особенно у рабочих с большим стажем работы.

В последние годы появились сообщения о влиянии ЭМП на закисление почв, осуществляемого электролитическим путем [313]. Густая сеть радиопередатчиков, телевизионных и радарных установок приводит к поглощению кронами деревьев электромагнитных волн и к изменению ионного потенциала почв под влиянием потока электронов в листве. Автором цитируемой работы получены экспериментальные подтверждения, что в кроне деревьев индуцируется поток носителей зарядов, причем плотность его может достигать 1-100 мкВт/м^2, а на расстоянии 100 м от радарной установки - более 10 Вт/м^2. В почвах фиксировалось изменение ионного равновесия, что нарушало баланс минеральных и органических веществ.

В рассматриваемой проблеме еще много неясного и спорного, но тем не менее в настоящее время ее изучают во многих странах мира. В 1996 г. ВОЗ были начаты работы по международному проекту “Оценка влияния на здоровье электрических и магнитных полей”. На состоявшемся в 1997 г. заседании консультативного комитета указанного проекта приняли участие специалисты из 34 стран, в том числе из России. Значимость этой проблемы может особенно возрасти, если будет повышен вольтаж линий электропередачи. Для России особое значение имеет резко возросшее в последние годы использование в быту различных электротехнических и электронных приборов, устройств и изделий, являющихся источниками ЭМИ.

Хотя электрические токи и участвуют в функционировании организмов, тем не менее токи от внешних источников при прохождении через жизненно важные органы могут вызвать их повреждение или даже

смерть человека. Электрический ток, проходя через организм человека, производит термическое, электролитическое и биологическое воздействие [7]. Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов и других органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства. Электролитическое действие - в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывая значительные нарушения их физико-химических составов. Биологическое действие тока выражается в нарушении биоэлектрических процессов, свойственных живой материи, с которыми связана ее жизнеспособность. Обычно все многообразие действия электрического тока на живой организм сводят к двум основным видам поражений: электрическим травмам, когда возникает местное повреждение организма (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения глаз из-за воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги), и электрическим ударам, когда ток вызывает раздражение и возбуждение тканей, сопровождающиеся судорожными сокращениями мышц. При электрическом ударе ток воздействует на нервную систему и на мышцы, причем может возникнуть паралич поврежденных органов.

Ток силой 1 мА при прохождении через тело будет едва заметен; ток 80 мА будет смертелен независимо от того, что он тут же прервется и жертва будет быстро защищена. Наиболее чувствительными к электрическому току частями организма являются мозг, грудные мышцы и нервные центры, которые контролируют дыхание и сердце [113]. Основным фактором, обусловливающим ту или иную степень поражения человека, является сила тока (табл. 61). Степень поражения зависит также от рода и частоты тока. Наиболее опасным является переменный ток частотой 20-1000 Гц. Переменный ток опаснее постоянного, но это характерно для напряжений до 250-300 В; при больших напряжениях опаснее становится постоянный ток [7]. Имеют также значение индивидуальные особенности организма, параметры окружающей среды и обстановки в рабочем или жилом помещении (высокие влажность и температура, запыленность, наличие токопроводящих материалов и др.).

Возможность электрического шока существует во многих ситуация на производстве и в быту. На промышленных предприятиях с электрооборудованием, контрольно-измерительными приборами, осветительными устройствами и т. д. обычно контактирует значительное количество рабочих. В быту источниками электрошока являются различные электрические и электронные устройства, собранные неправильно или неаккуратно или же использующиеся с нарушением правил эксплуатации или не по назначению. Во многих электрических устройствах, особенно в нашей

стране, используется двухпроводная система, что создает потенциальную возможность удара током. Во избежания риска необходимо применять трехпроводную систему, включающей заземленный провод.

Таблица 61. Эффекты действия тока [113]

Сила тока при его частоте 60 Гц	Эффект воздействия тока
0-0,5 мА	Отсутствует
0,5-2 мА	Потеря чувствительности
2-10 мА	Боль, мышечные сокращения
10-20 мА	Растущее воздействие на мышцы, некоторые повреждения; ~ 16 мА - это “обездвиживающий” ток, выше которого человек не может освободиться от электродов
20-100 мА	Дыхательный паралич
100 мА-3 А	Смертельные желудочковые фибрилляции (нескоординированные сокращения желудочков и нарушение их перекачивающей функции), в том случае если не произойдет реанимации
Более 3 А	Остановка сердца. Если шок был кратким, сердце можно реанимировать. Тяжелые ожоги

Широкое применение в электротехнической промышленности диэлектрических материалов и соединений (растворителей, полимеров и т. п.) неизбежно сопровождается процессами электризации, которые не только осложняют проведение технологических процессов и операций, но и, например, могут быть причиной пожаров, а также способны оказывать негативное воздействие на рабочих [76].

Существует и вероятность химического загрязнения окружающей среды в районах ЛЭП, что связано с коррозионным разрушением металлических опор и проводов. Например, исследования, выполненные канадскими специалистами, показали, что концентрации Zn в растениях, донных отложениях небольшого водоема и образцах снега и льда, взятых вблизи опоры (изготовленной из оцинкованной стали) были заметно выше фонового уровня, причем аномальные содержания прослеживались на расстояние до 15-20 м от опоры [240].

Искусственное освещение люминесцентными лампами нередко вызывает головные боли, покраснение глаз, перенапряжение зрения и преждевременное утомление. Причиной этого является повышенная слепимость, одностороннее смещение спектра (красное или синие) и частотное мерцание (до 50 гц). По своему световому спектру более безобидны современные трубчатые лампы дневного света, экономичные газонаполненные электролампы, а также обычные лампы накаливания. Известны работы, посвященные оценке риска возникновения кожной меланомы при пребывании в условиях люминесцентного освещения. Меланома - злока-

чественная опухоль преимущественно кожи, реже - сетчатки глаза, мозга, слизистых оболочек, развивающаяся из клеток, продуцирующих темные пигменты - меланины (обычно - из родимых пятен). В последние годы практически во всех регионах мира эпидемиологами зафиксирован устойчивый и интенсивный рост заболеваемости населения меланомой кожи. В общем случае риск заболевания меланомой связывается как с солнечной радиацией, так и с ультрафиолетовым излучением осветительных люминесцентных и специальных ультрафиолетовых ламп, применяемых для лечения ряда болезней и в косметических целях.

Специалистами из Великобритании было проведено эпидемиологическое исследование по оценке вероятности риска возникновения меланомы при люминесцентном освещении как на работе, так и в домашних условиях, а также при использовании в лечебных целях ультрафиолетового облучения кожи [308]. Были обследованы жители Шотландии, где уровни естественного ультрафиолетового излучения очень низки. Учитывались кумулятивные дозы облучения, длительность периода облучения, возраст жителей, цвет волос, кожи и глаз, воздействие естественного солнечного облучения. Исследование проведено путем опроса 180 человек с диагностированной меланомой и 197 больных, госпитализированных по поводу других болезней. Устанавливали факт использования люминесцентного света на работе и дома, длительность пребывания в условиях люминесцентного освещения, получение в прошлом ультрафиолетового облучения кожи в лечебных целях. Анализ ответов опрошенных лиц указывает на возможное наличие слабого риска меланомы при длительном пребывании в условиях люминесцентного освещения (по 5 часов в день и более) в течение последних 5 лет, хотя авторы и не делают окончательного вывода, поскольку для ряда людей, находящихся в условиях люминесцентного освещения на работе и дома более 5 лет, наличие риска не подтвердилось. Тем не менее длительное применение ультрафиолетового облучения кожи в терапевтических целях связано с повышенным риском возникновения меланомы, однако остались невыясненными тип ламп и дозы облучения. Авторы справедливо указывают на необходимость дальнейшего изучения данного вопроса. Тем более, что имеются предположения о вероятном росте заболеваемости раком кожи вследствие ослабления озонового прикрытия земной поверхности от солнечных ультрафиолетовых лучей.

Таким образом, бесконтрольное возрастание плотности электромагнитных излучений является фактором, способным оказать негативное воздействие на состояние здоровья и структуру заболеваемости населения. При производстве, передаче и потреблении электроэнергии, а также

при эксплуатации электроприборов и изделий важнейшим условием является электробезопасность, т. е. система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля, статического электричества и ультрафиолетового излучения. Необходимы дальнейшие исследования влияния ЭМП на население и разработка мероприятий по защите человека и среды обитания от ЭМИ.

10. Влияние электротехнических предприятий на городскую среду

Саранск (население ~ 360 тыс. человек) - столица Республики Мордовии - является крупным центром электротехнической промышленности России. Здесь расположены такие предприятия, как АО "Лисма" (в состав которого входят электроламповый завод, завод специальных источников света и электровакуумного стекла, научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт источников света), АО "Электровыпрямитель", кабельный завод, опытный завод силовой электроники, завод специальных силовых преобразователей и др. На заводах этой отрасли работает > 33000 человек, т. е. с учетом членов семей рабочих с электротехническими предприятиями связана “судьба” около трети жителей города. Есть сведения, что 70% источников света, используемых в настоящее время в России, производятся на саранских заводах. Саранск представляет собой удачный пример города, в котором состояние окружающей среды во многом обусловлено влиянием электротехнической промышленности.

10.1. Краткая характеристика района работ

Саранск характеризуется высоким уровнем загрязнения окружающей среды. Важнейшими особенностями города, которые следует учитывать при оценке влияния различных факторов на состояние здоровья городского населения, являются: 1) комплексный состав формирующихся в различных компонентах городской среды техногенных геохимических аномалий (зон загрязнения), включающих тяжелые металлы, микроэлементы и органические соединения; 2) присутствие в атмосферном воздухе повышенных концентраций антибиотиков, обусловленных деятельностью завода по производству медпрепаратов; 3) интенсивное загрязнение среды обитания свинцом; 4) специфика состава питьевых вод, отличающихся

повышенными концентрациями фтора и ряда других компонентов; 5) наличие на предприятиях города производств, характеризующихся вредными условиями труда [25;180;227;232;233].

По интенсивности загрязнения атмосферы приоритетными примесями Саранск стабильно входит в число городов России, имеющих уровень загрязнения городской среды значительно выше среднего по стране. По объему сточных вод, приходящихся на одного жителя, и по объему стоков, сбрасываемых в поверхностные водотоки без очистки или недостаточно очищенными, он превосходит многие промышленные города России. Ежегодно в городе образуется ~ 230 тыс. $м^3$ хозяйственно бытовых отходов и более 5600 т промышленных отходов, в том числе ~ 400 т токсичных.

В 1994 г. > 34,5 тыс. городских жителей работало в условиях воздействия вредных производственных факторов; ~ 48% обследованных рабочих мест не соответствовали требованиям по уровню шума, 25% - по уровню вибрации, 3% - по интенсивности воздействия электромагнитных излучений [180]. Низкие уровни освещенности выявлены на 58% обследованных рабочих мест. Содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны превышали ПДК в 32% исследований. Высокие концентрации пыли фиксировались в 40% обследованных производственных помещениях. На работах с вредными и неблагоприятными условиями труда было занято около 14,5 тыс. женщин, профессиональная заболеваемость среди которых составила 63,6% от общего числа случаев.

Электротехнические заводы используют в технологическом цикле значительные объемы цветных и черных металлов, различных неорганических и органических веществ, кислот, полимеров, лакокрасочных материалов. Практически все заводы имеют травильные и гальванические производства; важнейшими технологическими операциями являются процессы лужения, пайки, обезжиривания, обработки металлов резанием, окраска изделий, сопровождающиеся повышенной эмиссией поллютантов в среду обитания. Предприятия, особенно электроламповые заводы, отличаются значительной эмиссией газообразных и твердых веществ, значительными объемами сточных вод, уловленной пыли и образующихся на локальных очистных сооружениях шламов. Большая часть отходов (шламы, уловленная пыль, мусор и др.) вывозится на городскую свалку или складируется на территории предприятий (табл. 62).

В выбросах и стоках заводов присутствуют тяжелые металлы, органические соединения, неорганические кислоты, хлороводород, пыль полимеров. В выбросах и отходах некоторых из них обнаружены вещества, обладающие канцерогенными свойствами (бенз-а-пирен, сажа, винил-

хлорид, соединения Cd, As, Be, Ni, Cr, формальдегид, ПХБ, минеральные масла). Среди производственных процессов, представляющих опасность развития злокачественных новообразований у рабочих, следует выделить экспозицию к аэрозолю сильных неорганических кислот. Есть сведения об образовании на некоторых заводах радиоактивных отходов.

Таблица 62. Основные характеристики электротехнических предприятий

Завод	Год основания	Число рабочих	Выбросы в атмосферу, тонны/год			Шлам, тонны/год	Сточные воды, $м^3$/год
			Всего	в т. ч. пыли	уловлено пыли		
СЭЛЗ	1955	4374	965,2	68,8	239,6	300	1750000
СИС-ЭВС	1965	15039	492,1	241,9	70,17	3100	1755360
ВНИИИС	1958	1662	-	-	-	-	208000
ЭВ	1941	7900	85	8,8	7,3	917	461500
ОЗСЭ	1985	1030	3,32	0,16	2,83	-	43766
ЗССП	1979	1842	40,6	14	45,8	-	52353
СК	1955	1350	3,6	0,07	-	25	364000

Примечание: в таблице приведены данные на начало 1990-х гг.

Саранский электроламповый завод (СЭЛЗ) производит разнообразные лампы накаливания и газоразрядные ртутные лампы (в том числе люминесцентные) низкого давления. В технологических процессах используются десятки разнообразных веществ: металлы и их соединения, люминофоры, неорганические кислоты, органические растворители и др. Наиболее вредными являются производство люминесцентных ламп, спиральное производство, травильный цех и цех гальваники. К настоящему времени выбросы вредных веществ в атмосферу заметно снизились, что во многом обусловлено уменьшением объемов производства. Но в них по-прежнему присутствует широкая группа поллютантов (табл. 63).

Производство люминесцентных ламп (ЛЛ) на заводе организовано с 1961 г. С 1965 г. заводом в год выпускалось до 30-35 млн. шт. ЛЛ, при этом ежегодное потребление Hg в технологическом процессе составляло около 5,5 т. К началу 1990-х гг. предприятие выпустило более миллиарда люминесцентных ламп за всю историю своего существования. Расчеты показывают, что общая эмиссия Hg в городскую среду за весь период функционирования предприятия составляет не менее 10-12 т.

Завод специальных источников света и электровакуумного стекла (СИС-ЭВС) специализируется на выпуске источников света, светильников, пускорегулирующей аппаратуры, электровакуумного стекла и другой продукции. В технологических процессах используются десятки разнообразных веществ: металлы, кислоты, растворители и другие органические вещества, лаки и краски, полимеры и др. Наиболее вредными являются

производство Pb-содержащего стекла (в середине 1990-х гг. перепрофилировано на выпуск безсвинцового стекла), производство газоразрядных ламп, химическое полирование стекла, гальваника.

Таблица 63. Выбросы поллютантов в атмосферный воздух СЭЛЗ, тонн/год (по данным Минэкологии Республики Мордовия)

Компонент	1995 г.	1996 г.
Всего	413,790	347,214
Твердые	49,173	29,521
в т. ч.		
Пыль неорганическая	21,865	13,628
Пыль органическая	2,357	1,469
Свинец	0,002	0,002
Марганец и его соединения	0,001	0,001
Натрий и его соединения	17,708	7,606
Кремний и его соединения	0,002	0,002
Калий и его соединения	6,086	6,457
Фториды	0,002	0,002
Сажа	0,320	0,042
Газообразные и жидкие	364,617	317,693
в т. ч.		
Диоксид серы	210,889	179,526
Диоксид углерода	70,971	66,543
Окислы азота	51,213	44,904
Углеводороды (без ЛОС)	0,681	0,774
ЛОС	25,483	21,190
в т. ч.		
Ксилол	0,446	0Ю283
Толуол	0,002	0,002
Бутилацетат	11,100	7,756
Этанол	2,579	2,523
Бензин	0,177	0,476
Ацетон	0,640	5,624
Трихлорэтилен	4,425	4,425
Дихлордифторметан	0,040	0,040
Метан	0,030	0,024
Керосин	0,007	0,007
Уайт-спирит	0,027	0,034
Кислота уксусная	0,003	0,003
Прочие газообразные и жидкие	5,380	4,756
в т. ч.		
Аммиак	0,001	0,001
Хлороводород	3,198	2,574
Фтороводород	0,001	0,001
Щелочь	0,217	0,217
Кислота серная	0,105	0,105
Кислота азотная	1,848	1,848
Кислота фосфорная	0,003	0,003
Ртуть металлическая	0,007	0,007

В сточных водах содержатся Fe, Cu, Ni, Zn, Mo, Pb, Cr, СПАВ, фториды и др. На городскую свалку ежегодно вывозится в виде твердых отходов до 450 т графита, 400 т шлама гальванического, 12 т бракованных ртутных ламп. В последние годы эмиссия в атмосферу сократилась, что связано со снижением объемов производства и отчасти с проведением природоохранных мероприятий (табл. 64).

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт источников света (ВНИИИС) имеет производственные участки, где выпускаются лампы накаливания, кварцевые лампы с галогенным циклом, люминесцентные низкого давления, газоразрядные ультрафиолетового излучения. В производственных процессах используются материалы для варки стекла, люминофоры, неорганические кислоты, Hg, W, Mo, соединения Mg, K и Fe, аммиак, бутилацетат, ацетон, карбид кальция, бензин, канифоль, толуол, трихлорэтилен, 4-хлористый углерод, эбонит и др. Наиболее опасными с гигиенических позиций являются производство люминесцентных ламп и гальваническое производство. В составе твердых отходов, направляемых на свалку, присутствуют бытовой мусор (25 т/год), стеклобой чистый (22 т), стеклобой, загрязненный люминофором (7 т), люминесцентные лампы после демеркуризации (2,5 т). Кроме того, непосредственно на предприятии складируется торированный вольфрам (0,2 т/год), трихлорэтилен, загрязненный маслами (0,24 т), бутилацетат, загрязненный люминофором (0,48 т), стружка эбонитовая (0,3 т).

Саранский кабельный завод (СК) выпускает широкий ассортимент кабельной продукции и изделия из полиэтилена и поливинилхлоридного пластиката. В технологических процессах используются неорганические кислоты, винилхлорид, Zn, Sn, ацетон, толуол, этилацетат, триэтаноламин, канифоль, спирты, бутилацетат, уайт-спирит, фенол, формальдегид и др. В качестве токопроводящих проводов, электроизоляционных материалов и защитных покровов при изготовлении кабельных изделий применяются Cu, Pb, Al, полиэтилен, ПВХ-пластикат. Наиболее вредными производствами являются травление, лужение, облуживание концов проводов, обработка металла резанием, окраска, процесс волочения и протягивания проволоки через расплав термопласта, битума при температуре около 165^{o}C, пайка, склейка и литье полиэтилена, прессование и протягивание жилы изолированной через расплав свинца (при температуре 400^{o}C), а также через расплав алюминия, разрушение в закалочной печи обмоток электродвигателей (при температуре 300^{o}C), электрическая зарядка кислотных аккумуляторов. В выбросах в атмосферу содержатся Pb, Sn, Cu, Al, хлороводород, хлорвинил, пары неорганических кислот, CO, пыль полиэтиленовая, пыль ПВХ-пластиката, триэтаноламин, углеводо-

роды, бенз-а-пирен, бутилацетат, этилацетат, ацетон, спирты, толуол и др. В сточных водах в высоких концентрациях присутствуют Fe, Pb, Cu, нефтепродукты. Образующийся на локальных очистных сооружениях шлам используется в строительстве.

Таблица 64. Выбросы поллютантов в атмосферный воздух заводом СИС-ЭВС, тонн/год (по данным Минэкологии Республики Мордовия)

Компонент	1995 г.	1996 г.
Всего	326,933	264,775
Твердые в т. ч.	104,863	91,863
Пыль неорганическая	46,629	46,985
Пыль органическая	5,533	5,302
Свинец	1,497	0,978
Марганец и его соединения	1,689	1,051
Цинк и его соединения	1,363	0,006
Алюминий и его соединения	0,333	0,333
Хром и его соединения	0,009	0,006
Натрий и его соединения	13,465	23,095
Кремний и его соединения	0,830	-
Фосфор и его соединения	0,020	0,022
Калий и его соединения	30,208	8,051
Бор и его соединения	3,281	6,051
Сурьма и его соединения	0,002	0,002
Никель и его соединения	0,003	0,0094
Фториды	0,001	0,0017
Газообразные и жидкие в т. ч.	222,961	172,912
Диоксид серы	9,582	8,359
Оксид углерода	59,941	30,899
Оксиды азота	131,283	116,743
Углеводороды (без ЛОС)	3,230	3,235
ЛОС в т. ч.	10,136	7,903
Бутанол	0,054	0,027
Формальдегид	0,086	0,084
Бутилацетат	4,469	1,964
Бензин	0,011	0,011
Хлороформ	0,013	0,013
Ацетон	2,609	3,952
Сольвент	2,800	1,778
Перхлорэтилен	0,046	0,040
Этилбензол	-	0,0002
Этилцеллозольв	0,043	0,027
Прочие газообразные и жидкие в т. ч.	7,959	5,773
Аммиак	0,175	0,186
Хлороводород	6,600	4,712
Фтороводород	0,300	0,268
Щелочь	0,563	0,427
Кислота серная	0,295	0,144
Ртуть металлическая	0,0016	0,0007
Озон	0,024	0,021

АО “Электровыпрямитель” (ЭВ) производит полупроводниковые приборы, силовые преобразователи, электроприборы и электроизделия бытового назначения. В производственных процессах используются пайка, обезжиривание и десятки различных веществ (соединения Cd, Ni, Mg, Bi, K, Ca, Cu, Na, Ag, Zn, Al, Ba, Sn, Ti, органические растворители, смолы, красители, неорганические кислоты и др.). Наиболее вредными производствами являются цех гальваники, окрасочное производство, травление в плавиковой кислоте, фосфорная диффузия в полупроводниковом производстве. В сточных водах в повышенных концентрациях обнаружены Cu, Ni, Zn, Cr, Fe, F, нефтепродукты и др. В составе твердых отходов, вывозимых на городскую свалку, присутствуют реактопласт (до 12 т в год), фторопласт (до 5 т) и мусор (15 $м^3$ в день).

Завод специальных силовых преобразователей (ЗССП) выпускает силовые и электрические вращающиеся преобразователи, бытовые приборы и изделия. В составе выбросов присутствуют ксилол, толуол, бензин, уайт-спирит, керосин, различные спирты, CO, NO и др. Твердые отходы включают бумагу (10 т/год), древесную стружку, пропитанную нефтепродуктами (44 т), пыль стеклопластика (> 30 т).

Опытный завод силовой электроники (ОЗСЭ) производит силовые преобразователи, регуляторы тока, трансформаторные подстанции, сварочное оборудование. В производственном процессе используются прокат черных и цветных металлов, электротехническая сталь, лакокрасочные материалы (до 0,5 т в год), кабельная продукция (до 4,7 км).

В планировочной структуре г. Саранска выделяются несколько районов, отличающихся функциональной значимостью и состоянием городской среды: 1) Светотехника (северо-западная часть города, жилой район, испытывает влияние Северной промзоны); 2) Северная промзона (заводы СИС-ЭВС, ЗССП, телевизионный, предприятия стройиндустрии, с юга к ним примыкают заводы автосамосвалов, кабельный, инструментальный и др.; 3) Северный (жилой район, расположен к северо-востоку от Северной промзоны рядом с крупной ТЭС); 4) Заречный (жилой район в западной части города, в пределах которого находится завод резинотехнических изделий); 5) Центр города (основная и наиболее старая жилая часть города, здесь же расположены заводы СЭЛЗ, ЭВ, ОЗСЭ, приборостроительный, по производству медпрепаратов); 6) Октябрьский (юго-западный жилой район города); 7) Парковый (юго-восточный жилой район города); 8) Южная промзона (предприятия пищевой промышленности, заводы медоборудования и электроники).

Основной водной артерией города является река Инсар, которая (вместе с притоками - речками Лепелейкой, Тавлой, Саранкой, Пензят-

кой, ручьем Никитинский и др.) служит приемником сточных вод, сбрасываемых с локальных и общегородских очистных сооружений, и поверхностного стока, формирующегося в пределах урбанизированной территории и пригорода (ливневая канализация в городе отсутствует). Примерно в 70 км ниже Саранска Инсар впадает в р. Алатырь (левый приток р. Суры). Водный сток р.Инсар ниже города ~ на 20% состоит из поступающих сточных вод (не считая загрязненного поверхностного стока).

10.2. Воздействие электротехнических заводов на атмосферу и наземные экосистемы города

Состав и интенсивность формирующихся в пределах Саранска техногенных аномалий в различных компонентах среды обусловлены совместным воздействием множества промышленных предприятий. Тем не менее специфическое влияние электротехнических заводов фиксируется достаточно четко, а приводимый ниже материал показывает, что состояние и качество городской среды во многом обусловлены выбросами именно этих заводов.

10.2.1. Химические элементы в пылевых выбросах

Пылевые выбросы промышленных предприятий являются важнейшим источником поступления химических элементов в городскую среду. Изучение химического состава пылей, образующихся на предприятиях в ходе производственных процессов, позволяет установить комплекс поллютантов и идентифицировать источники техногенного загрязнения среды обитания. В организационном отношение опробование промышленных пылей представляет собой сложную процедуру. Существуют аналитические трудности, обусловленные спецификой состава подобных материалов. Вероятно, в связи с этим в отечественной литературе такие сведения единичны.

Автором этих строк было выполнено исследование распределения химических элементов в пылевых выбросах различных предприятий Саранска. С этой целью опробовались пыль технологическая (отбираемая из очистных установок - циклонов, фильтров и т. п.), пыль вентиляционная (из вентиляционных систем рабочих цехов) и так называемые пылесметы (пыль, отобранная в заводских цехах с различных поверхностей - подоконников, столов, эстакад и т. п.). Химический состав технологической пыли характеризует особенности поступления поллютантов с организо-

ванным выбросом завода; состав вентиляционной пыли и пылесметов позволяет оценить особенности поступления поллютантов с неорганизованными выбросами и отражает качество среды в рабочих помещениях.

Для распределения химических элементов в пылях характерно резко выраженное варьирование их концентраций (даже при отборе проб в одном цеху). Это связано главным образом с высокой неоднородностью отбираемого в пробу материала и, вероятно, с разнообразием форм нахождения (баланса форм) элементов, концентрирующихся в пылях. Однако, как правило, все виды пылей характеризуются высокими концентрациями большинства изученных элементов, многократно превышающими природные уровни в почвах (табл. 65;66). Наиболее интенсивно в пылях концентрируются тяжелые металлы (Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Sb, Mo, W, Sn, Ag, Cr, Bi). Для значительной части химических элементов более высокие содержания фиксируются в технологической пыли. Но есть исключения. Так, для СЭЛЗ максимальные концентрации Cu, Zn, Pb наблюдаются в пылесметах; для СИС-ЭВС максимальные концентрации Cr, Ni, Zn, Mo, Sn, Ba обнаруживаются в вентиляционной пыли. В большинстве случаев характерно обеднение промышленных пылей (по сравнению с почвами) такими литофильными элементами, как Ti (за исключением пылей СИС-ЭВС) и Zr. Относительно невысокие концентрации отмечаются для Sc, Y, Ga (исключение составляют пылесметы СИС-ЭВС), Sr (исключение - технологическая пыль СЭЛЗ), Nb (исключение - пылесметы ВНИИИС). По-видимому, отмеченные факты отражают специфику технологических процессов и используемых сырья и материалов. Например, пыли СИС-ЭВС и ВНИИИС, где применяются материалы для варки стекла (сода, песок, доломит и др.) отличаются более высокими концентрациями литофильных элементов (Ti, Zr и др.).

Расчеты показывают, что с организованным выбросом СЭЛЗ (с технологической пылью) в атмосферу ежегодно поступает > 3 тонн различных металлов; с организованным пылевыбросами СИС-ЭВС - не менее 7,7 т металлов. Более 11 т металлов остается в уловленной очистными установками пыли СЭЛЗ, которая вывозится на свалку. Значительные объемы поллютантов, связанные с пылью, обусловлены как высокими концентрациями их в материале, так и существенными объемами пыли. Неорганизованные выбросы (вентиляционная пыль) предприятий также являются источником загрязнения окружающей среды. Обычно такие выбросы в статистической отчетности не учитываются. Высокие содержания химических элементов в пылесметах и в вентиляционной пыли указывают на то, что рабочие подвергаются воздействию широкой группы поллютантов.

Таблица 65. Химические элементы в пылях электроламповых предприятий, мг/кг

№	Элемент	СЭЛЗ			СИС-ЭВС			ВНИИИС			Фон
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	в почвах
1	Бор	40	-	-	2800	50	100	2600	130	45	20
2	Скандий	7	-	-	8	<1	5	3	-	4	7
3	Титан	700	-	-	8400	7600	8000	650	1200	2200	5000
4	Ванадий	175	-	-	200	200	300	20	150	125	90
5	Хром	450	50	46	700	6000	100	55	400	5000	70
6	Мараганец	8500	290	5300	3700	3400	100	680	3400	900	1000
7	Кобальт	20	-	-	50	54	30	14	100	175	8
8	Никель	80	65	56	480	640	100	48	270	1600	50
9	Медь	470	120	4700	9200	9600	150	5000	1400	500	30
10	Цинк	2200	710	2600	4400	4600	600	1300	24000	5000	90
11	Галлий	2	-	-	15	2	80	2	-	8	20
12	Германий	12	-	-	3	3	5	<3	25	3	1,2
13	Мышьяк	280	-	-	7	6	7	11	-	5	6
14	Стронций	3000	-	-	<30	100	30	30	-	90	250
15	Иттрий	40	-	-	3	<1	5	<3	-	6	40
16	Цирконий	10	-	-	100	30	100	100	-	65	400
17	Ниобий	3	-	-	3	<3	<3	<3	-	30	10
18	Молибден	20	-	-	8	20	3	7	600	17	1,2
19	Серебро	0,2	-	-	6,4	9	0,15	0,1	2,5	0,2	0,05
20	Кадмий	1800	2	1700	3	3	<3	3	190	55	0,35
21	Олово	250	-	-	7	25	8	550	140	19	4
22	Сурьма	>1000	-	-	27	19	28	<3	5	10	1
23	Барий	25000	-	-	300	8000	100	100	-	700	500
24	Вольфрам	200	-	-	30	10	60	25	900	330	1,5
25	Ртуть	12	2	-	0,3	0,5	0,3	4	1	2	0,06
26	Свинец	1200	450	4200	1200	1500	5000	60	1400	1000	15
27	Висмут	<3	-	-	3	<3	5	3	<3	3	0,2

Примечание: 1 - пыль технологическая; 2 - пыль вентиляционная; 3 - пылесметы; химико-аналитические исследования пылей выполнены атомно-абсорбционным методом (№№ 5-10, 18-20, 25-27), пламенной фотометрией (№ 14), количественным эмиссионым спектральным методом (№№ 1, 3, 4, 12, 13, 21-24, 27), приближенно-количественным эмиссионым спектральным методом (остальные); приводимые результаты основаны на отборе нескольких проб на конкретных предприятиях (3-5 частных проб пылей), осредненных (при морфологическом сходстве материала) перед химико-аналитическими исследованиями в единую навеску.

Таблица 66. Химические элементы в пылях электротехнических предприятий, мг/кг

Компонент	ЭВ		ОЗСЭ		ЗССП		СК		Фон в почвах
	1	3	1	3	1	3	2	3	
Бор	-	-	-	-	-	-	22	50	20
Скандий	-	-	-	-	-	-	5	3	7
Титан	-	-	-	-	-	-	3000	1500	5000
Ванадий	-	-	-	-	-	-	35	100	90
Хром	1800	390	680	400	250	110	240	150	70
Марганец	1600	440	790	530	790	270	650	800	1000
Кобальт	130	15	14	12	14	9	10	20	8
Никель	690	50	470	130	470	34	160	30	50
Медь	960	230	190	420	190	89	44000	6000	30
Цинк	290	3200	550	4700	550	520	3600	2000	90
Галлий	-	-	-	-	-	-	10	6	20
Германий	-	-	-	-	-	-	<3	3	1,2
Мышьяк	-	-	-	-	-	-	5	5	6
Стронций	-	-	-	-	-	-	100	100	250
Иттрий	-	-	-	-	-	-	10	3	40
Цирконий	-	-	-	-	-	-	100	50	400
Ниобий	-	-	-	-	-	-	3	3	10
Молибден	38	50	60	260	5	-	11	6	1,2
Серебро	0,2	-	0,2	16	0,5	-	1,3	0,6	0,05
Кадмий	28	11	220	21	10	23	40	<3	0,35
Олово	-	-	-	-	-	-	4600	500	4
Сурьма	-	-	-	-	-	-	200	35	1
Барий	-	-	-	-	-	-	800	800	500
Вольфрам	-	-	-	-	-	-	20	200	1,5
Ртуть	-	-	-	-	-	-	0,4	0,3	0,06
Свинец	290	760	1200	480	40	690	3300	2000	15
Висмут	<3	-	<3	-	<3	-	3	5	0,2

Примечание: см. табл. 65

В общем случае пыль конкретного завода или разновидность пыли характеризуются специфическим обликом геохимической ассоциации. Эта специфичность проявляется главным образом в характерном для данного предприятия и/или данного типа пыли соотношением уровней содержания (значений Кс) химических элементов и в меньшей степени в появлении в ассоциации типичных только для конкретного производства (пыли) поллютантов (табл. 67).

Изучение баланса соотношения подвижных (извлекаемых аммонийно-ацетатной вытяжкой; pH=4,2) и прочно связанных форм нахождения (остаток) некоторых металлов в технологической пыли СИС-ЭВС показало, что они присутствуют в ней преимущественно в прочно связанных соединениях (по-видимому, в виде оксидов и тонкодисперсных металлических частиц)-(табл. 68). В вентиляционной пыли доля подвижных форм заметно возрастает, особенно для Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, что может быть связано с образованием сорбционных форм, а также карбонатных, сульфатных и т. п. соединений, легко извлекаемых аммонийно-ацетатной вытяжкой. Это указывает на повышенную гигиеническую опасность пыли, присутствующей в рабочих помещениях.

Таблица 68. Подвижные формы металлов в технологической (1) и вентиляционной (2) пыли СИС-ЭВС

Металл	Показатель					
	Вал, мг/кг		Ацетатно-аммонийная вытяжка, мг/кг		Доля подвижных, %	
	1	2	1	2	1	2
Медь	5300	85	2,86	9,2	0,05	10,8
Кобальт	31	-	2	-	6,45	-
Никель	260	31	16,2	1,2	6,23	3,9
Цинк	3200	460	89,2	271	2,79	58,9
Марганец	1000	660	104,4	16,6	10,44	4,8
Хром	190	92	4,05	16,6	2,13	18
Серебро	-	9	-	0,02	-	0,22
Кадмий	-	3	-	2,78	-	92,6
Свинец	-	1200	-	690	-	57,5

Примечание: определение металлов осуществлялось атомно-абсорбционным методом.

Таким образом, пыль, образующаяся на электротехнических предприятиях, содержит высокие концентрации многих химических элементов. Наиболее “загрязнены” пыли электроламповых заводов, которые отличаются и более объемными пылевыми выбросами в атмосферу. Как правило, конкретное производство обладает специфическим химическим составом пылей. Специфика проявляется в основном в различных уровнях концентрирования химических элементов и иногда в появлении типичных только для данного предприятия (или данного вида пыли) поллютантов.

Таблица 67. Ассоциации химических элементов в промышленных пылях

Завод	Пыль	Коэффициенты концентрации относительно фона в почвах					
		> 300	300-100	100-30	30-10	10-3	< 3
СЭЛЗ	1	Sb-Cd	Hg-W	Pb-Sn-Ba-As	Zn-Mo-Cu-Sr-Ge	Mn-Cr-Ag	Co-B-V-Ni
	2			Pb	Hg	Zn-Cd-Cu	
	3	Cd	Pb-Cu	Hg	Zn	Mn	
СИС-ЭВС	1	Cu	B-Ag	Pb-Zn-	Sb-W-Bi-Cr	Ni-Cd-Mo-Co-Hg-Mn-	Ge-V-Sn-Ti-
	2	Cu	Ag-Pb	Cr-Zn	Sb-Ba-Mo-Ni	Hg-Cd-Co-W-Sn-Mn	B-V-Ge-Ti-
	3	Pb		W	Sb-Bi	Zn-Hg-B-Cu-Ga-Co-Ag-V	Mo-Sn-Ni-Ti-Cr
ЭВ	1			Cd-Mo-Cu	Cr-Pb-Co-Ni	Ag-Zn	Mn
	3			Pb-Mo-Zn-Cd		Cu-Cr-Fe	Co
ОЗСЭ	1	Cd		Pb-Mo		Cr-Cu-Zn-Ag	Co
	3	Ag	Mo	Cd-Zn-Pb	Cu	Cr-Fe	Co
ЗССП	1			Cu	Cd-Ag	Zn-Ni-Co-Mo-Cr-Mn	Pb
	3			Cd-Pb		Zn	Cu-Fe-Cr
СК	2	Cu-Sn	Pb-Sb-Cd	Zn	Ag-Bi-W	Mo-Hg-Cr-Ni	Ba
	3		Cu-W-Pb-Sn-	Sb	Bi-Zn-Ag	Mo-Hg	Co-Cr-Ba
Прибо--ростро ения	2	W	Mo	Co-Cr-Cu-Pb-Zn	Ni-Ag-Sn	V	Ti-Mn
	3	W	Co-Cd-Zn	Pb-Cu-Cr	Sn-Bi-Ag-Ni-Mo-Hg	B	V
Инстру менталь ный	3			Cd-Pb-Zn	Fe-Cu	Co	Ni-Mn

Примечание: 1 - пыль технологическая; 2 - пыль вентиляционная; 3 - пылесметы.

Для производства люминесцентных ламп и ламп накаливания (СЭЛЗ) характерно максимальное концентрирование в пылях Sb, Cd, Hg, W, Pb и Cu; для СИС-ЭВС (производство источников света, светотехнического оборудования и стекла) - Cu, B, Ag, Pb; для предприятий полупроводниковых приборов и силовой электроники - Cd, Mo, Cu, Pb, Ag и Zn (при более низких концентрациях, чем в пылях светотехнических предприятий); кабельное производство отличается очень высокими уровнями в пылях Cu, Sn, Pb, Sb, Cd. Все указанные элементы входят в состав сырья и материалов, используемых на указанных заводах, или непосредственно применяются в технологических процессах. Можно предположить, что именно они и будут наиболее интенсивно накапливаться в объектах окружающей среды в зонах влияния промышленных предприятий. Особое значение имеет тот факт, что производственная среда (воздух рабочих помещений) электротехнических предприятий отличается постоянным присутствием пыли, обогащенной токсичными поллютантами.

10.2.2. Химические элементы в городских почвах

Интенсивность воздействия промышленных предприятий на среду обитания (степень техногенного загрязнения) фиксируются, прежде всего, уровнями содержания химических элементов в почвах промзон (табл. 69); специфика и экологическая опасность - отражаются в облике формирующихся в почвах техногенных геохимических аномалий (составом ассоциаций и количественными соотношениями Кс элементов)-(табл. 70).

В почвах территорий промышленных предприятий фиксируются высокие концентрации многих химических элементов, в большинстве случаев значительно превышающие фоновые содержания. Общий уровень загрязнения почв (по значениям Zc), интенсивность концентрирования химических элементов в почвах и комплексность состава техногенных аномалий (геохимических ассоциаций) в общем случае прямо зависят от объемов выбросов в атмосферу (особенно пылевых) и продолжительности периода функционирования предприятия. Каждому виду производства соответствует специфическая по качественному составу и главное по количественному соотношению концентраций химических элементов геохимическая ассоциация в почвах. Максимальный уровень техногенного воздействия (как по комплексности, так и по уровням концентрирования поллютантов) установлен для промзоны СЭЛЗ. Здесь ведущими поллютантами являются Hg, Sb, Ag, Pb, Mo, Cd, Tl, W, Zn (химические элементы, типичные для технологических процессов и сырья данного производства).

Таблица 69. Химические элементы в почвах промзон различных предприятий, мг/кг

№	Элемент	СЭЛЗ	СИС-ЭВС	ЭВ	ОЗСЭ	ЗССП	Точных приборов	Фон в почвах
1	Литий	31	45	39	39	40	38	28
2	Бериллий	0,5	0,4	1	1	1	1,5	0,3
3	Бор	22	30	49	34	37	34	20
4	Фтор	760	980	870	770	750	800	200
5	Скандий	3	4	3	3	3	4	7
6	Титан	2000	3000	3900	2800	3300	3300	5000
7	Ванадий	202	345	150	130	140	140	90
8	Хром	199	136	100	130	67	63	70
9	Марганец	320	600	540	2300	450	430	1000
10	Кобальт	18	10	22	13	14	13	8
11	Никель	83	49	64	36	38	31	50
12	Медь	198	186	310	92	80	62	30
13	Цинк	950	280	270	140	150	100	90
14	Галлий	10	12	15	20	15	15	20
15	Германий	5	3	7	3	3	3	1,2
16	Мышьяк	10	9	7	6	7	6	6
17	Стронций	225	75	50	50	80	40	250
18	Иттрий	8	10	8	9	10	9	40
19	Цирконий	150	110	90	80	80	80	400
20	Ниобий	5	4	3	4	6	5	10
21	Молибден	35	9	39	15	2	2	1,2
22	Серебро	1,8	0,08	0,5	0,08	<0,1	0,05	0,05
23	Кадмий	9	1	1	0,7	0,5	<1	0,35
24	Олово	15	6	35	5	4	4	4
25	Сурьма	60	3	<3	<3	<3	<3	1
26	Барий	2530	380	150	100	100	100	500
27	Вольфрам	25	11	25	10	<1	2	1,5
28	Ртуть	28,3	0,84	0,39	0,076	0,105	0,099	0,06
29	Таллий	4	-	-	-	-	-	0,2
30	Свинец	480	920	100	71	72	60	15
31	Висмут	0,4	0,3	1	0,6	0,7	0,8	0,2

Примечание: объем выборки для заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС составлял 30 проб; для остальных - 10 проб; приведены средние значения; химико-аналитические исследования почв выполнены атомно-абсорбционным методом (№№ 8-13, 21-23, 28, 30, 31), пламенной фотометрией (№ 17), количественным эмиссионым спектральным методом (№№ 3, 4, 6, 7, 15, 16, 24, 26, 27), экстракционнофотометрическим методом (29), приближенно-количественным эмиссионым спектральным методом (остальные).

В почвах промзоны СИС-ЭВС наиболее интенсивно концентрируются Pb, Hg, Mo, W, Cu, F, Zn, Sb. Почвы промзоны ЭВ загрязнены Mo, Cd, W, Cu, Ag; характерно появление высоких концентраций Sn, Ge, Bi, Be, F. Интенсивность концентрирования элементов в почвах промзон ОЗСЭ, ЗССП и завода точных приборов заметно ниже, нежели в почвах предыдущих промзон. Для почв промзоны ОЗСЭ типичны повышенные уровни Mo, в меньшей степени W, Pb, F, Be, Cu и Bi (качественный состав ассоциации очень близок таковому в почвах промзоны ЭВ). Практически идентичны ассоциации, фиксируемые в почвах промзоны ЗССП и завода точных приборов (ведущее значение Pb, Be, F и Bi), что, видимо, отражает схожесть производственных процессов и используемого сырья. Промзона кабельного завода отличается повышенными содержаниями в почвах Pb, Bi, Cu, Sn, Mo, P и Sr. В целом качественный состав техногенных аномалий в почвах неплохо соотносится с таковым в пылевых выбросах. Естественно, следует помнить, что данные по составу пылевых выбросов отражают ситуацию на момент опробования, тогда как почвы кумулируют многолетнее воздействие источников загрязнения.

Таблица 70. Ассоциации химических элементов в почвах промзон

Завод	Кс относительно фона в почвах					
	> 100	100-30	30-10	10-3	< 3	Zc
СЭЛЗ	Hg	Sb-Ag-Pb	Mo-Cd-Tl-W-Zn	Cu-Ba-Ge-F-Sn	Cr-Co-V-Ni-Bi-As-Be-	664
СИС-ЭВС		Pb	Hg	Mo-W-Cu-F-V-Zn-Sb	Cd-Ge-Cr-Li-Ag-Bi-As-Sn-B	108
ЭВ		Mo	Cd-W-Cu-Ag	Sn-Hg-Pb-Ge-Bi-F-Be-Zn	B-Co-V	132
ОЗСЭ			Mo-	W-Pb-F-Be-Cu-Bi	Ge-Mn-Cr-Cd-Co-B-Zn-Ag-	38
ЗССП				Pb-F-Bi-Be	Cu-Ge-B-Co-Mo-Hg-Zn-V-Li	20
Точных приборов				Be-F-Pb-Bi	Ge-Cu-Hg-Mo-B-V-Co	19
СК				Pb-Bi-Cu-Sn-Mo-P-Sr	Zn-V-Cr	31

Примечание: для кабельного завода приведены данные по единичным пробам, отобранным вблизи промзоны.

Как и в случае с промышленными пылями обращают на себя внимание пониженные (по сравнению с природными почвами) содержания в городских почвах Sc, Ti, Zr, Ga, Y, Sr и Nb. Это в определенной мере является подтверждением участия в формировании химического состава почв материала пылевых выбросов.

Важнейшей особенностью распределения химических элементов является чрезвычайно высокая пространственная вариабельность их содержаний в почвах промзон, что находит отражение в экстремальных значениях коэффициентов осцилляции (коэффициентов вариации по вариационному размаху)-(табл. 71). Для Hg, Pb, V, Sb отмечены содержания, многократно превышающие ПДК. Максимальные значения коэффициентов осцилляции практически всех элементов характерны для почв промзоны СЭЛЗ. Исключение составляют Pb, W, Cu, Cr, для которых более высокие значения указанного коэффициента наблюдаются в почвах промзоны СИС-ЭВС. Характерно, что пыли СИС-ЭВС отличаются наиболее высокими концентрациями именно этих металлов.

Таблица 71. Металлы в почвах территорий СЭЛЗ и СИС-ЭВС, мг/кг

Металл	СЭЛЗ			СИС-ЭВС		
	Среднее	Пределы	Коэффициент осцилляции	Среднее	Пределы	Коэффициент осцилляции
Hg	28,3	0,08-300	1059	0,84	0,015-5	593
Sb	60	30-300	450	3	1,5-5	116
Ag	1,8	0,05-50	2775	0,08	0,05-0,3	312
Tl	4	3-5	50	-	-	-
Ba	2530	100-30000	1181	380	100-1500	368
Cd	6	3-50	783	1	0,3-3	270
Pb	213	10-1000	464	20	10-10000	49950
Zn	950	80-6000	623	280	50-1000	339
Sr	225	30-1000	431	75	30-300	360
Mo	8,7	0,5-100	1143	6,6	1-100	1500
W	9	5-30	277	11	5-70	590
Sn	11,7	1-60	504	5,4	3-30	500
Cu	198	30-300	136	186	30-1000	522
Cr	199	30-2000	990	136	30-2000	1448
Ni	63	20-300	444	49	20-150	265
V	202	70-600	262	345	80-600	150

Отмеченная вариабельность концентраций поллютантов в верхнем слое почв достаточна типична для зон загрязнения. Она может быть обусловлена дискретностью поставки элементов с выбросами и твердыми отходами, наличием в пределах промзон различных по мощности локальных их источников, неоднородностями ветрового поля, химического и гранулометрического состава почв. По-видимому, имеют значение продолжительность и мощность эмиссии поллютантов (ведущие поллютанты характеризуются более неоднородным распределением в почвах).

Интенсивность и масштабы техногенного загрязнения, во многом связанные с продолжительностью функционирования предприятия, наглядно фиксируются при анализе распределения поллютантов в профиле

почв. Например, для Hg, Zn, Mo, Pb, Cu, Ag высокие содержания в почвах промзоны СЭЛЗ прослеживаются до глубины 60-80 см. В пределах завода СИС ЭВС загрязнение почв для большинства химических элементов фиксируется в основном лишь до глубины 10-15 см. Наличие мощного источника поставки Pb (стекольное производство) обусловило наличие очень высоких концентраций этого металла в 90-100 см толще почв.

Для выявления структуры и масштабов загрязнения территории города химическими элементами в его пределах была проведена площадная геохимическая съемка, базирующаяся на опробовании (16 проб на 1 км^2) верхнего слоя почв [227]. В таблице 72 приведены данные о масштабах загрязнения городской территории. При подсчетах площадей с разной интенсивностью загрязнения по техническим причинам не были включены данные по промзонам города (за исключением СЭЛЗ и СИС-ЭВС). В реальности площади с высокими концентрациями химических элементов (т. е. масштабы техногенного загрязнения) будут более значительными.

Таблица 72. Структура загрязнения территории (почв) Саранска химическими элементами (в % от общей площади города)

Элемент	Кс относительно фона					
	< 1,5	1,5-3	3-10	10-30	30-100	> 100
Медь	92,8	6,6	0,5	0,1	-	-
Цинк	52,5	43,3	3,9	0,2	0,1	-
Никель	81,9	17,1	1,0	-	-	-
Стронций	83,0	13,8	2,8	0,4	-	-
Молибден	88,6	9,8	1,5	0,3	-	-
Олово	56,2	42,4	1,4	-	-	-
Свинец	23,6	29,9	41,9	4,2	0,4	-
Ртуть	82,0	9,2	6,9	1,5	0,3	0,1

В почвах города фиксируются относительно контрастные и значительные по площади техногенные аномалии Hg, Zn, Sn, в меньшей степени Ni, Mo, Cu. Важнейшим поллютантом городской среды является Pb. Высокие его содержания фиксируются в почвах всех промышленных зон города (табл. 73). Более 80% городской территории характеризуется содержания Pb, превышающими ПДК (=32 мг/кг). В пределах города развиты локальные зоны, где его концентрации в верхнем слое почв превышают 500 мг/кг, достигая 1000-10000 мг/кг. Известно, что при таких содержаниях Pb, например, в почвах игровых площадок можно ожидать изменений психоневрологического статуса у детей [59]. Высокая степень загрязнения территории города Pb подтверждается данными, полученными при изучении особенностей распределения его в профиле городских почв, свидетельствующих об интенсивном накоплении металла в верхнем слое почв и о его миграции вниз по профилю (рис. 12).

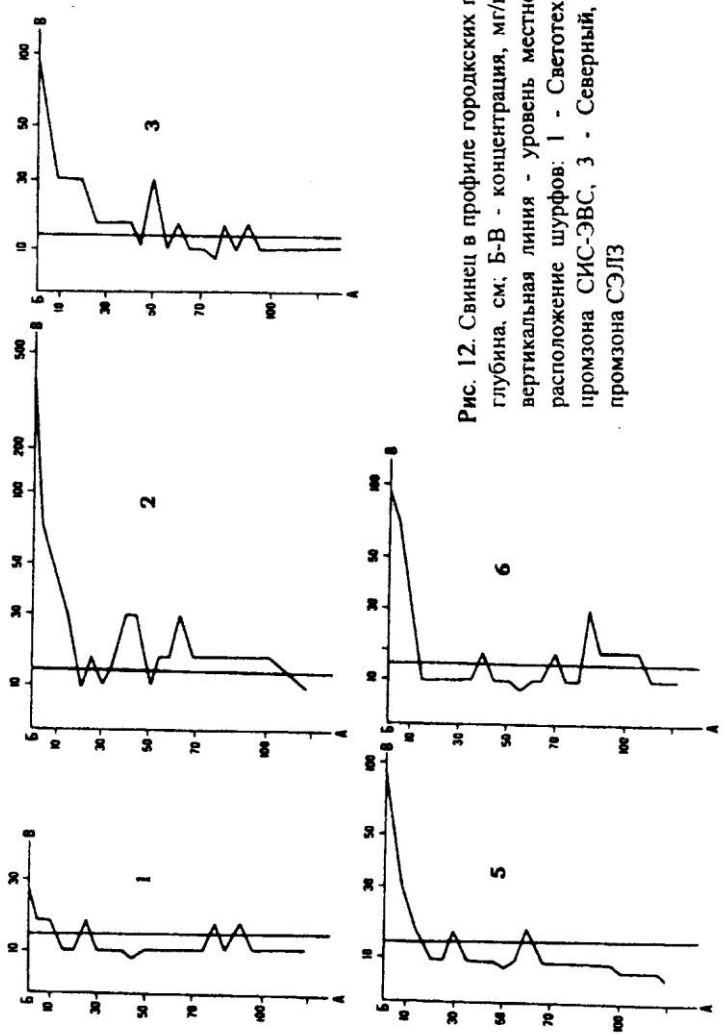

Рис. 12. Свинец в профиле городских почв: А-Б-глубина, см; Б-В - концентрация, мг/кг; тонкая вертикальная линия - уровень местного фона; расположение шурфов: 1 - Светотехника, 2 - промзона СИС-ЭВС, 3 - Северный, 5 и 6 - промзона СЭЛЗ

Уровень концентрирования Pb в верхнем слое почв и глубина его проникновения вниз по разрезу прямо коррелируют с близостью точек опробования к промышленным предприятиям. Следует отметить, что существующая в нашей стране ПДК Pb несомненно нуждается в корректировке, поскольку явно занижена. В частности, в ряде стран ПДК Pb в почвах оценивается на уровне 100 мг/кг (главным образом, с позиций возможного накопления поллютанта в сельскохозяйственной растительности до критических уровней). При использовании такого норматива площади опасных аномалий уменьшатся, но тем не менее составят 35-40 % от его территории.

Таблица 73. Свинец в почвах промышленных площадок

Завод, предприятие	Основная продукция или услуги	Пределы , мг/кг
Автосамосвалов	автосамосвалы	30-100
АТП-1	автотранспортные перевозки	60-1000
Биохимик	антибиотики,. медпрепараты	20-100
Инструментальный	напильники, техоснастка	35-90
Медицинского оборудования	медицинская техника	20-100
Механический	велосипеды	35-100
Мордовавтотранс	пассажирские перевозки	35-250
Керамик	камни керамические, кирпич	20-500
Панельного домостроения	гравий, железобетонные изделия	25-100
Литейный	заготовки чугуна, стали, литье	40-200
Полупроводниковых изделий	полупроводниковые изделия	20-150
Резинотехнических изделий	резинотехническая продукция	45-250
Тепловозоремонтный	ремонт тепло- и электровозов	50-600
Теплоизоляционных изделий	плиты и другие изделия	30-350
Типография	печатная продукция	150 - >10000
Точных приборов	микросхемы и т. п..	20-690
Центральная котельная	теплоснабжение города	40-250
Хладокомбинат	хранение пищевой продукции	20-100

Примечание: Объем выборки для каждой промплощадки - 10 проб; свинец исследовался атомно-абсорбционным методом.

В пределах города четко выделяются три основные зоны максимального накопления поллютантов в почвах: Южная промышленная зона, центральная часть города и Северная промышленная зона. Интенсивность накопления металлов в почвах при этом заметно возрастает от южной окраины города к центральной и северной зонам (рис. 13).

Высокая степень техногенного воздействия на городскую среду подтверждается данными по содержаниям в почвах подвижных форм (извлекаемых аммонийно-ацетатной вытяжкой) металлов (табл. 74; 75).

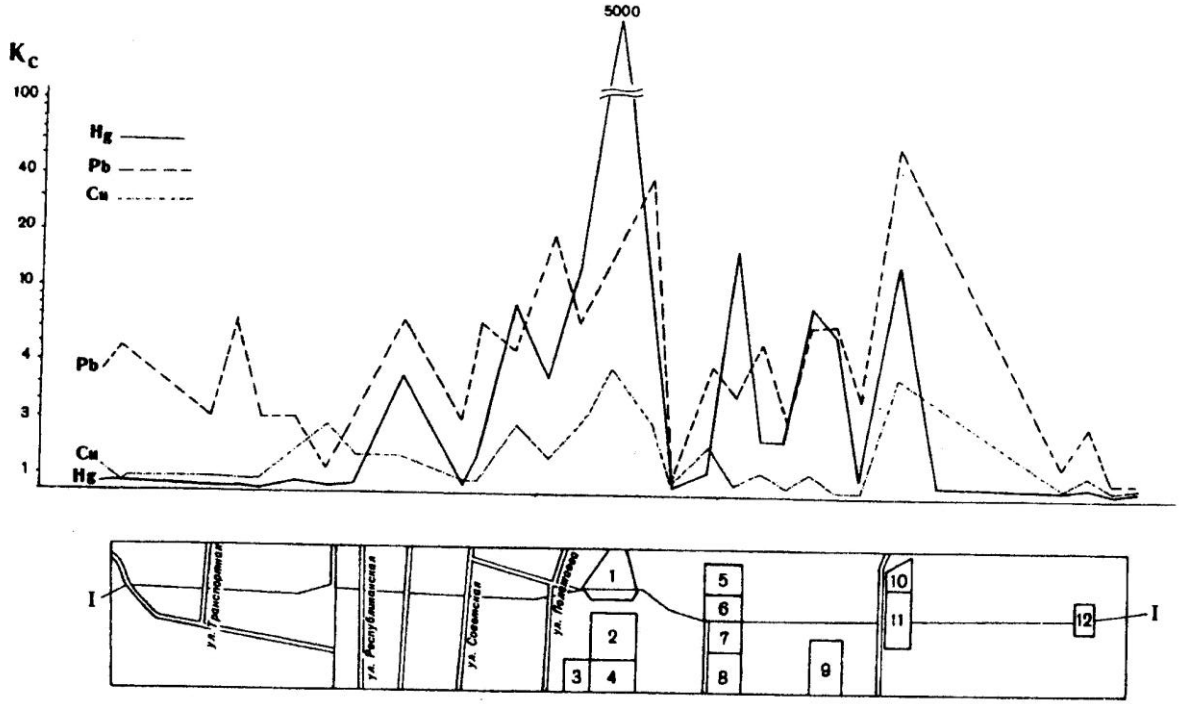

Рис. 13. Распределение тяжелых металлов в верхнем слое городских почв: Кс - коэффициент концентрации относительно фона; цифрами на схеме показаны промзоны заводов: 1 - СЭЛЗ, 2 - Биохимик, 3 - Электровыпрямитель, 4 - приборостроительного, 5 - автопромоборудования, 6 - автосамосвалов, 7 - кабельного, 8 - инструментального, 9 - крупно-панельного домостроения, 10 - ВНИИИС, 11 - СИС-ЭВС, 12 - телевизионного; I-I - линия профиля (юг-север)

Таблица 74. Подвижные формы металлов в городских почвах, мг/кг

Район	Хром	Кобальт	Никель	Медь	Цинк	Свинец
СИС-ЭВС	0,9 (1,2)	1,4 (1,5)	1,8 (3)	2,23 (5,7)	66 (111)	85 (254)
Центр	0,8 (1,1)	0,82 (0,9)	1 (1,2)	0,4 (0,7)	34 (58)	4,4 (11)
Заречный	0,8 (0,9)	0,7 (0,8)	1 (2)	0,2 (0,3)	59 (65)	1 (1,5)
Светотехника	0,8 (0,9)	0,8 (0,9)	1 (1,2)	0,2 (0,3)	42 (45)	1 (1,5)
Южный	0,7 (0,8)	1,1 (1,2)	1 (1,2)	0,6 (0,7)	13 (15)	9 (10)
Фон	0,7	0,6	1	0,2	5	1
ПДК	6	5	4	3	23	6

Примечание: в скобках указаны максимальные концентрации: подвижные формы извлекались ацететно-аммонийной вытяжкой (pH=4,2).

Таблица 75. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах промзон

Металл	СЭЛЗ			ЭВ			ОЗСЭ			ЗССП		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cu	160	8,4	5,3	100	1,7	1,7	26	0,8	3,1	26	0,1	0,4
Zn	300	10,5	3,5	220	32	14,5	82	1,9	2,3	160	1,6	1
Ni	73	9,6	13	75	2	2,7	46	0,7	1,5	37	0,2	0,5
Cr	80	2,3	2,9	260	2,5	1	80	0,2	0,3	80	0,1	0,1
Cd	5	1,2	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	480	36,4	7,6	60	3,9	6,5	30	0,9	3	30	0,2	0,7

Примечание: 1 - вал, мг/кг; 2 -ацетатно-аммонийная вытяжка (pH=4,8), мг/кг; 3 -доля подвижных форм, извлекаемых указанной вытяжкой.

Для большинства металлов в техногенных аномалиях наблюдается возрастание абсолютных концентраций указанных форм вплоть до превышения нормативов (Pb, Cu, Zn). Показательно, что в почвах промзоны СЭЛЗ относительная доля подвижных форм металлов выше, чем в почвах промзон других заводов. Это, отчасти, может быть связано с особенностями нахождения химических элементов в составе выбросов заводов и более продолжительным периодом формирования почвенного загрязнения, в ходе которого “первичные” соединения поллютантов в условиях окружающей среды могли трансформироваться в более подвижные “вторичные”. Возможно, что в формировании загрязнения в пределах промзоны СЭЛЗ существенное значение имеет поступление вентиляционной пыли, для которой, как отмечалось выше, характерны повышенные уровни подвижных форм многих металлов. Кроме того, именно почвы СЭЛЗ отличается наиболее высокими содержаниями металлов. Обычно фиксируется прямая зависимость между количеством подвижных форм (доли подвижных форм) и валовыми содержаниями металлов в почвах, т. е. чем выше валовое содержание, тем больше содержание (абсолютное и относительное) подвижных форм. Это, в частности, вероятно и объясняет тот факт, что абсолютные концентрации и относительная доля подвижных

форм в почвах заводов силовой электроники и силовых преобразователей значительно ниже, чем в почвах СЭЛЗ и ЭВ.

Результаты почвенной съемки и исследования распределения поллютантов в почвах промзон позволили рассчитать примерную структуру загрязнения территории города по степени эколого-гигиенической опасности (табл. 76). Так, ~ 50% территории города характеризуется умеренно опасным уровнем загрязнения. Как известно (см. табл. 2-3), при таких уровнях фиксируется увеличение общей заболеваемости городского населения. Примерно 20% площади Саранска относится к территории с опасным уровнем загрязнения среды обитания, что, как правило, выражается в увеличении общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, с нарушением функционального состояния сердечно-сосудистой системы. К территориям с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения относится ~ 5% площади города, в пределах которой, по-видимому, проживает более 15 тыс. чел. Для данной категории загрязнения характерно увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин и изменения других показателей здоровья населения.

Таблица 76. Структура загрязнения территории Саранска по степени опасности

Категория загрязнения	Величина Zc для почв	Относительная доля от площади города, %
Допустимая	< 16	~25
Умеренно опасная	16-32	~50
Опасная	32-128	~20
Чрезвычайно опасная	> 128	~5

10.2.3. Металлы и органические соединения в атмосферном воздухе

Имеющиеся ретроспективные данные гидрометеорологической и санитарной служб Саранска свидетельствуют о том, что в прошлые годы (1960-70-е гг.) в зонах воздействия электротехнических заводов в приземном слое атмосферного воздуха отмечались высокие уровни многих поллютантов, причем содержания Pb и Hg стабильно превышали ПДК.

Совершенствование технологических процессов и внедрение систем очистки выбросов в конце 1980-х - начале 1990-х гг способствовали снижению эмиссии поллютантов в городскую среду. Так, например, результаты газортутных исследований (1990 г.) указывают на локальный характер загрязнения городской среды Hg (табл. 77). Значимые ее концентрации, достигающие и превышающие ПДК, фиксировались лишь в

санитарно-защитной зоне завода СЭЛЗ, а также в районе ТЭЦ, где они превышали фон. Летом уровни Hg были закономерно выше, чем осенью.

Таблица 77. Ртуть в приземном слое атмосферного воздуха, нг/м^3[25]

Район города	Лето	Осень
СИС-ЭВС	<50-70	<50
СЭЛЗ	250-350	70-80
ТЭС	150-250	100-200
Центр города	<50-80	<50-60
Жилые микрорайоны	<50-70	<50
Местный фон	<50	<50
ПДК	300	300

Поскольку Hg продолжает использоваться в производстве разрядных ламп, то в производственных помещениях электроламповых заводов по-прежнему фиксируются высокие концентрации ее паров, которые постоянно превышают гигиенический норматив. Например, в 1994 г., даже несмотря на снижение объемов производства, в цехах сборки люминесцентных ламп отмечались превышения ПДК Hg в 1-6 раз, в цехе производства газоразрядных источников света в 1,5-2 раза [180].

Атмогеохимические исследования на стационарных постах (период наблюдения 10-25 дней, отбор среднесуточной пробы атмосферного аэрозоля) показали, что в пределах города выделяются три основные зоны интенсивного загрязнения атмосферного воздуха металлами (табл. 78). Это - Северная промзона (уровни Pb, Cr, Cd, Ni и V постоянно или эпизодически превышают ПДК); Центр города (уровни Pb и Ni многократно выше ПДК, концентрации других изученных металлов стабильно превышают фон) и Южная промзона (уровни Pb постоянно и никеля эпизодически выше ПДК). Остальные районы города характеризуются более низким уровнем загрязнения, хотя и в их пределах отмечаются дни с высокими концентрациями Pb, Ni, Zn, V в атмосферном воздухе. Как правило, максимальное проявление техногенных аномалий связано с деятельностью светотехнических заводов. Естественно, что распределение некоторых металлов зависит от влияния других источников, таких как автотранспорт (Pb, V, Ni), сжигание топлива (V, Cr) и т. д.

Таблица 78. Химические элементы в приземном слое атмосферного воздуха [25]

Район города	Кс относительно местного фона				
	> 100	30-100	10-30	3-10	1,.5-3
СИС-ЭВС	Pb-V-Cd	Cr-Ni-W	Mo	Mn-Zn-Sn	-
СЭЛЗ	Sn-Pb-Ni	Zn-Cd	V-Cr	-	Mn
Октябрьский	-	-	V	Pb-Ni-Zn-Cr	Mn-Sn
Южная промзона	-	-	Pb	Ni-Cr-V	Mn-Zn-Cd
Заречный	-	-	-	Cr	Ni-Pb-Sn-Zn-V-Mn

Во временном аспекте для распределения металлов в воздухе характерна выраженная неоднородность, причем в зонах максимального загрязнения она проявляется на фоне высоких абсолютных концентраций поллютантов (рис. 14).

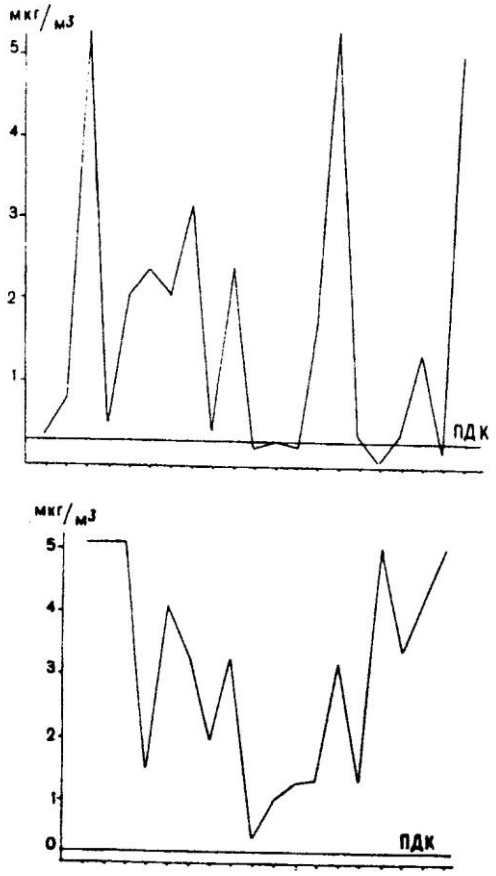

Рис. 14. Свинец (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха северной промзоны (верхний рисунок) и центральной части города (нижний рисунок)

Показательно распределение химических элементов в наружных стенных покрытиях заводских цехов и строений (табл. 79). Естественно, что определенная часть элементов (Pb, Zn, Sn, Cd, Cu и др.) может быть связана с естественным нахождением их в составе материала покрытий (краска, побелка, штукатурка и пр.). Тем не менее качественный состав фиксируемых в стенных покрытиях ассоциаций достаточно схож с таковым в промышленных пылях. Обращает на себя внимание присутствие в материале стенных покрытий таких "летучих" элементов, как Hg, As, Sb. В последние годы появились сведения о том, что некоторые химические элементы, включая тяжелые металлы, могут присутствовать в промышленных выбросах и в атмосферном воздухе в газовом состоянии (так называемый "молекулярный пар"). В частности, в некоторых исследованиях было показано, что в воздухе городов в парогазовой форме способны находится Sb, As, Hg, Ni, Cd, B и другие элементы. Таким образом, не исключено, что высокие концентрации химических элементов в стенных покрытиях отчасти связаны с их аккумулированием (сорбированием) из пылевых и газовых выбросов промышленных предприятий.

Таблица 79. Ассоциации химических элементов в стенных покрытиях

Завод	Кс относительно фона в почвах				
	> 100	30-100	10-30	3-10	1.5-3
СИС-ЭВС	Zn	Cr-Pb-Mo	Cd-W-Bi-Ni	Hg-Ag-Sb	Cu-V-B-As
ВНИИИС	Sn	Cu-Cd-W	Pb-Sb-Bi	Hg-Mo-Ag	As-B-Cr
ЭВ		Cr		Hg-Pb-Bi-Zn-Sb	
СК		Pb-Zn	Cd-Bi	Hg-As-Sn-V-Sb	Cu-Mo-Co-W-B

Выше отмечалось, что электротехнические заводы выбрасывают в окружающую среду значительные количества разнообразных органических соединений. В литературе данные, характеризующие загрязнение среды обитания органическими поллютантами в связи с деятельностью таких предприятий, практически отсутствуют. Автором этих строк было организовано рекогносцировочное исследование распределения органических соединений в приземном слое атмосферного воздуха в районе основных электротехнических предприятий Саранска (табл. 80). Естественно, что разовое опробование не позволяет сделать надежных выводов. Тем не менее полученные данные свидетельствуют о присутствии в воздухе вблизи предприятий многих органических соединений, уровни содержания которых превышают местный фон. Максимальные концентрации и наиболее широкий спектр соединений характерны для зоны завода СИС-ЭВС. Необходимо отметить, что во время отбора проб воздуха в районе этого завода наблюдался устойчивый ветер с его территории. Во

всех прочих случаях фиксировалась штилевая погода. Дальнейшие исследования должны быть направлены на идентификацию максимального круга органических веществ, установление их основных источников поставки и выяснение пространственно-временной динамики распределения в воздухе и почвах с учетом сезонных и планировочных факторов.

Таблица 80. Органические соединения в приземном слое атмосферном воздуха в зоне влияния промышленных предприятий, мкг/м^3

Компонент	СИС-ЭВС	СЭЛЗ	СК	ЭВ	Местный фон
C_1-C_3	122	40	150	95	30
бутан	63	20	12	5	3
пентан	753	54	8	17	5
2-метилбутан	393	17	18	22	15
2-метилпентан	3613	51	17	15	13
3-метилпентан	605	15	0,3	0,4	0,2
2-метилгексан	13	4	2	3	1
3-метилгексан	1348	11	16	5	3
2,4-диметилпентан	1020	27	3	9	14
2-гексен	36	-	1	-	-
1-гептен	16	-	1	3	0,5
циклогексан	1560	90	-	2	0,4
метилциклогексан	5	-	-	-	-
метилциклопентан	43	13	3	1	1
толуол	11	-	-	-	-
этилбензол	1				
2,4-диметилгексан	1,5	-	-	-	-
2,5-диметилгексан	0,8	-	-	-	-
2,3-диметилгексан	0,7	-	-	-	-
Изомеры C_7	185	77	10	8	3
диен C_7	17				
3-метил-1-бутанол	17	-	-	-	-
1,2-пропандиол	1,3	-	-	-	-
3-метил-2-пентанон	3	-	-	-	-
2-метилгептан	1,2	-	-	-	-
3-метилгептан	40	12	9	15	8
3-гексанон	1.4	-	-	-	-

Примечание: отбор проб воздуха проводился в течение 20 мин. с помощью микроэлектроаспиратора с расходом воздуха 200 мл/мин., концентрирование веществ осуществлялось на сорбент “TENAX”; анализ проб выполнялся на хроматографах “Цвет-500” и “Экохром”.

10.2.4. Химические элементы в растительности

В пробах растительности (листья, ветки, кора березы), отобранных в различных районах города, наиболее интенсивно концентрируется Pb - ведущий поллютант городской среды [25]. Характерно появление повышенных содержаний Mo, Zn, Cu, Ni, т. е. тех элементов, которые в аномальных количествах присутствуют в воздухе и почвах города. Наиболее

высокие уровни поллютантов приурочены к центральной части города и промышленных зонам (табл. 81).

Таблица 81. Химические элементы в листьях березы, мг/кг сухой массы

Промзона заводов	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb
СЭЛЗ	5	9	150	1,3	0,9	7
СИС-ЭВС	5	5	130	0,9	0,4	12
ЭВ	9	20	380	0,6	1,7	3
СК	5	21	110	0,5	0,2	7
Литейный	7	11	200	0,6	<0,05	3
Типография	3	8	130	0,5	<0,05	12
Автосамосвалов	3	7	130	0,4	0,2	4
Инструментальный	3	17	70	0,5	<0,05	11
Полупроводниковых изделий	10	32	240	0,5	<0,05	3
Точных приборов	3	9	380	0,5	<0,05	8
Местный фон	4	4.4	35	0,4	0,05	2,5

Примечание: определение химических элементов осуществлялось атомно-абсорбционным методом.

Показательно повышенное концентрирование Pb, Cd и Mo в растениях, произрастающих на территории электроламповых заводов; растительность в пределах промзоны кабельного завода отличается высокими концентрациями Cu; в пределах завода ЭВ - Cd, Cu и Zn; типографии - Pb, т. е. в растениях в первую очередь накапливаются металлы, присутствующие в высоких концентрациях в промышленных выбросах в атмосферу. Значимые концентрации Hg в растительности фиксировались только в непосредственной близости к заводу СЭЛЗ (на уровне 0,05 мг/кг сухой массы) и в пределах его промзоны (0,05-0,07 мг/кг).

10.3. Химические элементы в водных системах

Оценить конкретный вклад электротехнических заводов в загрязнение водных систем города достаточно сложно, поскольку в них поступает бытовой сток и сбрасывают сточные воды (большая часть которых проходит через общегородские очистные сооружения) многие промышленные предприятия. В определенной мере специфика влияния этих заводов может быть установлена при сравнительном изучении состава осадков сточных вод, образующихся на городских очистных сооружениях (ОСВ), шламов, образующихся на локальных очистных сооружениях предприятий, и загрязненных донных отложений (техногенных илов), отобранных в р. Инсар ниже города (табл. 82).

Таблица 82. Химические элементы в шламах предприятий, мг/кг сухой массы

№	Эле-мент	СЭЛЗ	СИС-ЭВС № 1	№ 2	ЭВ	Точных приборов	Инструмен-тальный	Механи-ческий	Резинотех-ника	ОСВ города	Фон в почва х
1	B	300	30	6	100	14	36	28	34	35	20
2	F	3700	90000	90000	8000	41200	4100	5000	700	3300	200
3	Sc	<1	<3	<3	<1	<1	<1	<1	<1	2,6	7
4	Ti	170	30	50	320	280	370	2500	1200	2500	5000
5	V	3	10	5	12	6	23	52	26	56	90
6	Cr	1400	1500	20	870	20	23000	24000	1200	1900	70
7	Mn	2000	310	94	300	300	400	480	960	610	1000
8	Fe	4800	28500	100	8900	2000	-	-	145000	21040	-
9	Co	<3	6	1,5	7	<3	10	<3	12	8,4	8
10	Ni	15000	8000	10	3700	820	500	900	600	690	50
11	Cu	8300	13000	330	8000	200	2400	3400	50000	1700	30
12	Zn	620	84800	320	13000	100	100	5000	13000	4500	90
13	Ga	<1	10	<10	2	<1	2	3	3	5	20
14	Ge	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	13	<3	-
15	As	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	6	9	6
16	Sr	3000	590	190	600	80	30	50	11000	796	250
17	Y	3	10	<10	10	3	<3	<3	<3	12,6	40
18	Zr	10	30	<30	10	10	<10	30	20	100	400
19	Nb	13	3	3	3	6	3	4	3	4,5	10
20	Mo	1900	130	1	1600	10	130	100	14	56	1,2
21	Ag	7	0,3	<0,1	20	0,1	0,3	8,4	0,5	7,6	0,05
22	Cd	200	2	1	400	<2	<2	80	7,5	40	0,35
23	Sn	180	6	<3	1700	1000	2000	>1000	84	400	4
24	Sb	600	3	30	<3	5	<3	30	3	16	1
25	Ba	1000	<100	<100	100	<100	<100	400	<100	270	500
26	W	390	20	<10	100	380	<10	40	<10	54	1,5
27	Au	<3	<3	<3	<3	10	<3	<3	<3	<3	0,002
28	Hg	300	0,063	0,12	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	4	0,06
29	Pb	530	500	100	70	30	100	4700	240	240	15
30	Bi	190	<3	<3	160	<3	<3	16	750	15,2	0,2
Шлам, т/год		300	3100		917	2,6	400	12	2,4	25000	

Примечание: химико-аналитические исследования проб выполнены атомно-абсорбционным методом (№№ 6-12, 20-22, 28-30), количественным эмиссионым спектральным методом (№№ 1, 2, 4, 5, 14, 15, 23-27), приближенно-количественным эмиссионым спектральным методом (остальные).

Шламы заводов СЭЛЗ, СИС-ЭВС, ЭВ отличаются высокими концентрациями B, F, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sb, Ba, W, Hg. “Запасы” токсичных элементов в них достаточно велики: в шламах СЭЛЗ содержится до 4,5 т Ni, 2,5 т Cu, 1,1 т F, 0,6 т Mo; СИС-ЭВС - до 280 т F, ЭВ - до 12 т Zn, 7,4 т Cu, 3,4 т Ni, 1,6 т Sn, 1,5 т Mo, 0,4 т Cd, 0,02 т Ag; инструментального завода - до 9 т Cr, до 1 т Cu, 0,8 т Sn. Шламы в течение многих лет вывозятся на свалку, где уже, по-видимому, аккумулированы сотни тонн тяжелых металлов и других элементов. Анализ данных, приведенных в табл. 82, позволяет предположить, что повышенные содержания Cd, F, Hg, Cu, Zn, Mo, Sb, W, Bi в ОСВ в значительной мере связаны с поступлением стоков электротехнических заводов. В техногенных илах также наиболее контрастно накапливаются металлы типичные для данного производства - Cd, Hg, Mo, Cu, W, Ni, для которых в р. Инсар фиксируются контрастные и протяженные аномалии (рис. 15). Естественно, химический состав ОСВ и илов является следствием влияния сточных вод многих предприятий и бытового стока. В частности, такие элементы, как Sn, Cr, отчасти Bi, Ag, Zn и Sr, концентрирующиеся в ОСВ и илах ниже города, связаны с поступлением стоков предприятий металлообработки и приборостроения. Шламы отличаются выраженной специфика химического состава, проявляющейся в своеобразном для конкретного производства качественном составе геохимических ассоциаций и главное в количественных соотношениях Кс химических элементов (табл. 83). Шламы электрозаводов отличаются более высоким “общим” уровнем загрязнения (по Zc), нежели шламы других предприятий. Исключение составляют шламы резинотехнического завода, объемы которых не велики.

Значительная доля металлов в шламах, ОСВ и илах присутствует в подвижных формах (табл. 84). Важно, что абсолютные концентрации подвижных форм большинства изученных металлов заметно превышают их валовые фоновые содержания в природных отложениях (аллювии, почвах). Имеющиеся данные показывают, что в ходе преобразования шламов и осадков городских сточных вод различными гипергенными процессами относительное количество (доля в общем балансе) подвижных форм элементов увеличивается [232]. Это, в частности, подтверждается характером распределения металлов и форм их нахождения в техногенных илах, материальной основой которых в значительной мере являются шламы и особенно городские ОСВ. Из таблицы 84 следует, что при общем снижении валовых содержаний металлов в илах отмечается заметное увеличение относительной доли их подвижных форм. Очень показательна более значимая доля подвижных форм в илах по сравнению с фоновыми отложениями (табл. 85).

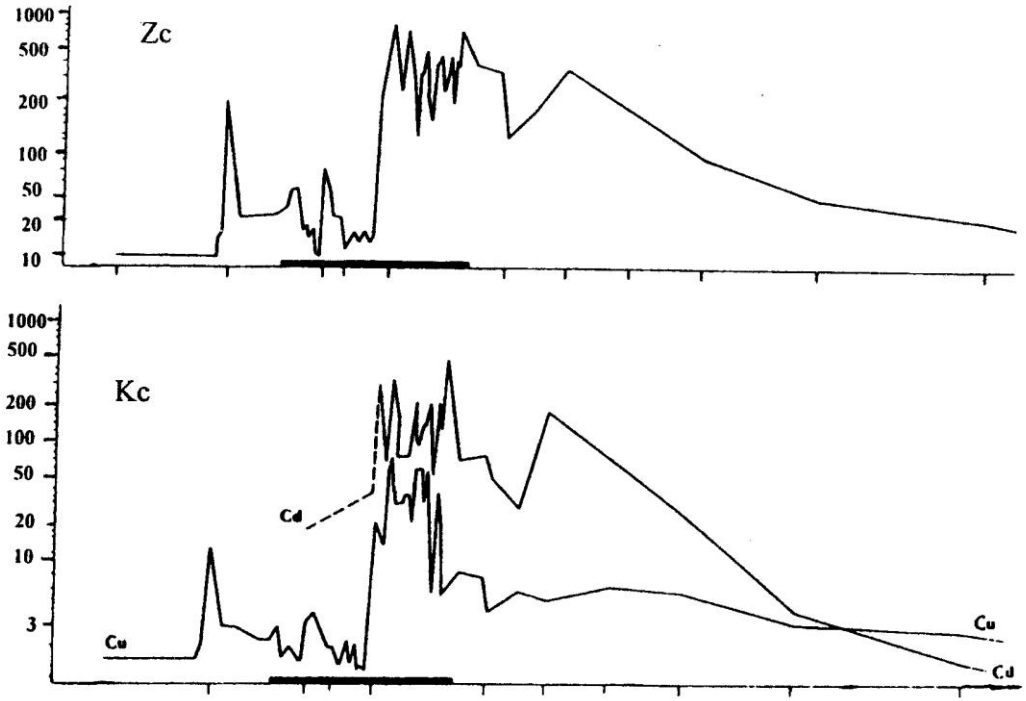

Рис. 15. Суммарный показатель загрязнения (Zc) , коэффициенты концентрации кадмия и меди в донных отложениях (техногенных илах) р. Инсар в зоне влияния Саранска (темным прямоугольником показаны границы города; протяженность аномалий - более 50 км)

Таблица 83. Ассоциации химических элементов в техногенных образованиях (отложениях)

Объект	Кс относительно фона в речных отложениях						
	> 300	100-300	30-100	10-30	3-10	1,5-3	Zc
ОСВ города		Ag-Cd-Sn	Bi-Hg-Cu-Zn-Mo-W	Cr-Be-F-Sb-Pb-Ni-Sr		B-As-U-Tl-Ba-Nb	760
Шлам СИС-ЭВС	Zn-F-Cu	Ni-Mo	Pb	Cr-W	Ag-Cd-Sb	Sn-B-Sr	2750
Шлам СЭЛЗ	Hg-Mo-Bi-Sb-Cd-	Ni-Cu-W-Ag	Sn-Pb	Cr-F-B	Zn	Mn-Sr	9800
Шлам ЭВ	Mo-Cd-Bi-Sn-Ag	Cu-Zn	Ni-W-F	Cr	B-Pb		4650
Точных приборов	Au	W-Sn-F		Ni-	Mo-Cu-Sb	Ag-Pb	730
Инструмен-тальный	Sn-Cr	Mo	Cu	N-Fi	Pb-Ag	B-Co	1020
Механический	Sn-Cr-Pb	Cd-Ag-Cu	Mo-Bi-Zn-Sb	W-F-Ni		B	1450
Резинотех-нихнический	Bi-Cu	Zn	Sr	Cd-Sn-Cr-Pb-Ni-Mo	Ag-F-Sb	B-Co	5620
Илы	Cd	Hg-Mo	Zn-Sn	Cu-W-Ag	Ni-Pb-Cr-Sr-Bi-B	F-V-Fe-Tl-Ga-P-Be	810

Таблица 84. Формы нахождения металлов в техногенных образованиях

Металл	Шламы СЭЛЗ			Шламы ЭВ			ОСВ города			Илы		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Медь	6500	3270	50	6600	1283	19	866	28	3	530	14,4	2,7
Цинк	620	199	32	8200	2094	26	2080	866	42	360	162	45
Никель	14000	7458	53	3700	720	19	320	178	56	185	131	71
Хром	1500	8	0,5	870	39	4,5	1338	9	0,7	270	27	10
Кадмий	200	38	19	-	-		37	19	51	24	13,2	55
Свинец	530	5	1	70	2	2,9	166	3	1,8	140	16,8	12
Молибден	670	40	6	1600	152	9,5	72	0,4	0,6	120	2	1,7
Серебро	7	0,02	0,3	20	0,02	0,1	6,4	0,1	1,6	-	-	-
Висмут	190	40	21	160	24	15	-	-	-	-	-	-
Железо	4800	10	0,2	8900	548	6	21040	73	0,4	-	-	-
Марганец	1500	242	16	200	33	16,5	252	82	32	420	120	29

Примечание: 1 - вал, мг/кг; 2 -ацетатно-аммонийная вытяжка (pH=4,8), мг/кг; 3 -доля подвижных форм, извлекаемых указанной вытяжкой, %.

Таблица 85. Подвижные формы металлов в отложениях р.Инсар [227]

Металл	Техногенные илы (ниже города)		Фоновый аллювий (выше города)	
	мг/кг	%	мг/кг	%
Хром	270	10	31	3
Кобальт	10	36	8	6
Никель	185	71	15	8
Медь	530	2,7	12,4	2
Цинк	360	45	33	13
Кадмий	24	55	0,13	5
Свинец	140	12	19	7

Уровни содержания Hg (типичной для воздействия электроламповых заводов) в воде Инсара и его притоков, принимающих промышленные стоки различных предприятий, не превышали существующую ПДК (=0,5 мкг/л) ее растворенных форм. Основное загрязнение водотоков Hg обусловлено поступлением последней со взвешенным материалом. Особенно контрастно техногенные аномалии Hg проявились в эпифитовзвеси (взвеси, осажденной на макрофитах)-(табл. 86). В водах Инсара ниже города фиксировались также повышенные содержания растворенных форм Cu, Zn, Ni, Cd, F, Hg, Sr, Fe, Li и ряда других химических элементов.

Изучение состава воды р. Пензятки, впадающей в Инсар и принимающий ливневой сток с территории завода СИС-ЭВС, показало наличие чрезвычайно высоких уровней F (до 20 мг/л), что связано с использование на данном предприятии плавиковой кислоты) и Li (до 0,06 мг/л), а также повышенных содержаний Zn, Cu, Ni, Sr, As.

Таблица 86. Ртуть в различных компонентах речной среды

Место отбора проб	Эпифито-взвесь		Макро-фиты		Техноген-ные илы		Вода, взвешенные формы		Вода, растворенные формы	
	мг/кг	Кс	мг/кг	Кс	мг/кг	Кс	мкг/л	Кс	мкг/л	Кс
I	15	500	0,3	6	4,8	240	0.41	5	0,10	2
II	5	170	0,2	4	0,9	45	0,25	3	0,06	1,2
III	1	33	0,1	2	0,05	2,5	0,08	1	0,05	1
IV	0,15	5	0,05	1	0,03	1,5	0,08	1	0,05	1
V	0,03		0,05		0,02		0,08		0,05	

Примечание: Кс - коэффициент концентрации относительно фонового уровня; содержания ртути в эпифитовзвеси, илах и макрофитах даны на сухую массу; место отбора проб: I - устье ручья, дренирующего промышленную зону в центре города, II - р.Инсар, 1 км ниже ручья, III - р.Инсар, 50 км ниже ручья, IV - р.Алатырь, 160 км ниже ручья, V - местный фон.

Таким образом, интенсивность и специфика техногенного загрязнения водных систем во многом обусловлены влиянием электротехнических предприятий. Зона воздействия на речную систему, наиболее четко фиксируемая высокими концентрациями тяжелых металлов (Cd, Hg, Mo,

Zn, Sn, Cu, W, Ag, Ni, Pb и др.) в донных отложениях, взвесях и эпифитовзвеси, прослеживается на десятки километров и отмечается в реке следующего порядка (в р.Алатырь).

10.4. Гигиенические последствия загрязнения городской среды

Сложные цепи миграции поллютантов, формирующиеся в городах, неизбежно приводят к поступлению последних в организм человека, что оказывает негативное воздействие на его здоровье. Установить значимость конкретного фактора в ухудшении состояния здоровья людей в условиях промышленного города, характеризующегося наличием множества источников воздействия, достаточно сложно. В большинстве случаев состояние здоровья человека или группы людей является следствием влияния сложного комплекса природных, техногенных и социальных факторов. Показателями неблагоприятного влияния загрязнения среды обитания являются повышенные в организме человека концентрации поллютантов и различные функциональные и морфологические нарушения у людей [168]. Особенно чувствительны к воздействию техногенного загрязнения дети. Полученные данные позволяют оценить возможное влияние электротехнических предприятий на состояние здоровья жителей Саранска.

Наиболее напряженная ситуация наблюдается среди людей, имеющих профессиональный контакт с вредными веществами. Так, у более 50% из числа обследованных рабочих СЭЛЗ и СИС-ЭВС содержания Hg в волосах были в 1,5 раза выше, нежели ее концентрации в волосах людей контрольной группы; ~ у 30% рабочих наблюдалось более чем трехкратное превышение “фонового” уровня. У некоторых рабочих СИС-ЭВС в волосах фиксировались высокие уровни Pb (40-50 мкг/г и более).

У рабочих СЭЛЗ отмечались отклонения в состоянии здоровья, типичные для длительного воздействия Hg. Особенно резко они были проявлены у женщин (из всех работников цеха по производству люминесцентных ламп ~ 80% составляют женщины). В частности, исследования состояния здоровья и клинической картины течения беременности и родов у работниц завода (опытная группа) и у женщин, не работающих на данном предприятии (контрольная группа), показали, что во время беременности и при родах у женщин обеих групп фиксировались различные осложнения, но у женщин опытной группы они проявлялись чаще. Так, продолжительность родов у первородящих работниц завода СЭЛЗ была больше, нежели у женщин контрольной группы. Поздний токсикоз в

опытной группе в сравнении с контрольной встречался достоверно чаще; у женщин, имеющих профессиональный контакт с Hg, в два раза чаще регистрировались преждевременные роды, в 2-4 раза чаще отмечалась выраженная анемия, фиксировалась тенденция в изменении состояния периферической крови (повышенное содержание лейкоцитов, пониженное СОЭ), чаще наблюдалась гипотрофия плода, гипертрофия плода, чаще встречались случаи рождения двойняшек. У работниц цеха по производству люминесцентных ламп, стаж работы которых > 5 лет, обнаружены расстройства менструальной функции - 23,3% (контрольная группа - 16,1%), фиброма матки - 7,8% (5,6%). В прямой зависимости от стажа работы находилась частота развития маточно-плацентарной недостаточности. В биосубстратах женщин обнаруживалась Hg. За все время существования производства люминесцентных ламп зафиксировано > 270 случаев профессиональной ртутной интоксикации, причем из числа заболевших ~ 90% составляли женщины (Гусева, 1984; 1989; 1994). Дети, родившиеся у работниц электролампового завода, отличаются замедленным развитием.

Отмеченные явления, видимо, достаточно типичны для электролампового производства. Так, по данным итальянских авторов [250], изучавших состояние репродуктивной функции, у женщин, работающих на производстве ртутных ламп, частота нарушения менструальной функции, субфертильность и неблагоприятный исход беременности был несколько выше, чем среди других работниц электроламповых заводов, не имевших прямого контакта с Hg. Авторы цитируемой статьи отмечают, что прогрессирование изменений репродуктивной функции с увеличением воздействия Hg не всегда было отчетливо выражено. Они делают заключение, что имеющиеся данные не позволяют сделать определенных выводов о возможности влияния металла на указанную функцию женщин. Нидерландские исследователи [312] указывают на развитие тремора пальцев у рабочих (возраст 28-61 лет, стаж работы 0,5-19 лет) завода по производству люминесцентных ламп. Ими сделано заключение, что производственное воздействие паров Hg в концентрациях даже ниже норматива приводит к нарастанию тремора пальцев. У 78,9% рабочих электролампового завода в Бразилии были обнаружены симптомы поражения нервной системы, обусловленные воздействием ртути (Zavariz, Glina, 1992).

На электроламповые заводах широко применяются люминофоры. В производственных условиях, где они наносятся на какие-либо поверхности, в воздух может поступать их пыль. Химические элементы, особенно металлы, входящие в состав пыли люминофоров, способны оказывать вредное воздействие на людей [42;55]. Например, известно, что первые

сведения о токсичности бериллия были получены еще в 1933 г. именно в производстве люминофоров. Экспериментальные данные и гигиенические исследования, выполненные на предприятиях, где применяются люминофоры, позволили выявить следующие наиболее характерные проявления вредного действия пыли люминофоров: для содержащих Cd люминофоров - гонадотропность, слабую тератогенность, для кадмий-цинковых люминофоров - поражение инсулярного аппарата поджелудочной железы, для ряда галофосфатных люминофоров установлена способность вызывать пылевые бронхиты.

В Саранске ежегодно регистрируется до 50-70 случаев профессиональных заболеваний и отравлений. Например, в 1994 г. показатель заболеваемости на 10 тыс. работающих составил 5,6, тогда как в среднем по России он равен 2,02. Все выявленные в 1994 г. профзаболевания являются хроническими и сопровождаются, как правило, утратой профпригодности и трудоспособности. В структуре хронических профзаболеваний ведущее место занимают хронические ртутные интоксикации (93%). Наиболее высокие уровни профзаболеваемости регистрируются на электроламповых заводах - 35 случаев хронической ртутной интоксикации [180]. В 1995 г. наибольшее число заболевших злокачественными новообразованиями (с впервые установленным в этом году диагнозом) отмечено на заводах СЭЛЗ и СИС-ЭВС. Характерно, что далее следует завод ЭВ; случаи заболеваний отмечены также и на кабельном заводе. На заводе ОЗСЭ временная нетрудоспособность составила 8,3 случая и 1013 дней на 100 работающих, что является самым высоким показателем среди всех предприятий города. Таким образом, электротехнические предприятия города отличаются наиболее неблагоприятными условиями труда, что во многом связано с присутствием широкого комплекса вредных химических веществ, в том числе тяжелых металлов.

Изучение распределения Hg в волосах детей (обследовано 650 детей), проживающих в различных районах города, показало, что более чем у 50% из них концентрации этого металла были < 0.1 мкг/г (фон=0.26 мкг/г; критический уровень - не более 2 мкг/г). Содержания Hg в 1,5 раза выше фона (> 0,4 мкг/г) отмечены только у 13% общего числа обследованных детей; в 3 раза выше фона (> 0,78 мкг/г) - у 7% детей. Концентрации Pb в волосах превышали фон (=3,58 мкг/г) в 1,5 и более раз у 50% обследованных детей; у 20% детей наблюдалось превышение допустимого (=8 мкг/г) и у 5% критического (=24 мкг/г) уровней содержания этого металла в волосах. В последние годы высказывается мнение, что в качестве допустимого уровня [59]. Если исходить из указанной величины, то тогда у 80% обследованных детей концентрации Pb в волосах превышают

"норму". У 32% детей в волосах фиксировалось превышение Cd фонового (=0.19 мкг/г) уровня в 2-5 раз; у 7% - концентрации Cd превышали допустимый (=1 мкг/г) уровень. Это явно свидетельствует о том, что загрязнение городской среды Pb и Cd является приоритетным, хотя факт накопления Hg в биосубстратах жителей также вызывает тревогу. Указанные химические элементы в значительной степени связаны с поступлением в городскую среду с выбросами и отходами электротехнических предприятий (СЭЛЗ, СИС-ЭВС, ЭВ, СК). Центр города, испытывающий влияние заводов СЭЛЗ и ЭВ, отличается также повышенным концентрированием в волосах детей Ni и Cu (в 3-5 раз выше фона, тогда как в прочих районах они редко превышают его в 2-3 раза).

У детей, проживающих в центральном районе города, установлена повышенная эндокринологическая и гематологическая заболеваемость, а у взрослых - максимальная (среди других районов города) заболеваемость болезнями глаз, кожи, злокачественными образованиями (табл. 87)-[180].

Таблица 87. Показатели заболеваемости населения на 1000 человек в двух районах Саранска, 1991 г. (по данным Т.И.Бурлаковой)

Группы болезней	Центр		Юго-запад	
	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые
Злокачественные новообразования	-	3,00	-	3,12
Болезни эндокринной системы	0,70	3,96	-	2,88
Болезни крови	8,53	0,66	0,94	0,57
Болезни глаз	12,48	0,18	11,11	4,80
Болезни уза	21,60	4,80	22,80	8,16
Ревматизм и ревматические болезни	0,12	0,67	0,13	0,86
Гипертоническая болезнь	-	16,68	-	11,88
Ишемическая болезнь сердца	-	18,12	-	10,32
Болезни верхних дыхательных путей	649,80	76,68	557,04	81,72
Другие болезни органов дыхания	199,56	36,36	164,52	34,20
Болезни системы пищеварения	14,04	34,32	5,16	18,00
Болезни мочевыделительной системы	5,88	2,28	1,92	4,08
Болезни кожи и подкожной сетчатки	18,72	6,96	40,20	13,80
Сумма по группам болезней	931,56	204,12	804,00	194,38

Центральные районы города, отличающиеся высокими содержаниями Hg, Pb, Cd и других поллютантов в почвах и воздухе, характеризуются повышенной частотой появления таких специфических заболеваний, как пиелонефрит и цистит (табл. 88). Массовое нефрологическое обследование в г. Саранске ~ 4 тыс. детей дошкольного возраста позволило установить, что в районах, примыкающих к СЭЛЗ распространенность заболеваний мочевой системы в 3 раза выше, чем в контрольном районе Саранска [59].

Таблица 88. Распространенность заболеваний детей пиелонефритом и циститом

Район города	Количество случаев на 1000 детей
Зона влияния СЭЛЗ	18
Центр	21
Прочие районы	0,9-4,8

У детей (возраст 5-7 лет) работников электротехнических заводов чаще обнаруживались более высокие уровни Hg и Pb в волосах, нежели у детей, родители которых работали на других предприятиях (табл. 89; 90). Исключение составляли дети работников автотранспортных предприятий, в волосах которых закономерно фиксировались высокие уровни Pb. Данный факт может быть связан с переносом поллютантов в жилые помещения на одежде, обуви, открытых частях тела [230]. Такой специфический источник загрязнения жилой среды представляет определенную опасность, особенно для детей.

Таблица 89. Ртуть в волосах детей, мкг/г

Место работы родителей, заводы	Содержание ртути (пределы колебаний)
СЭЛЗ, СИС-ЭВС	< 0,1 - 1,6
“Электровыпрямитель”	< 0,1 - 0,5
Механический, инструментальный	< 0,1 - 0,4
“Саранскkабель”	0,1 - 0,2
“Центролит”	< 0,1 - 0,1

Таблица 90. Свинец в волосах детей дошкольного (1) и школьного (2) возраста

Место работы родителей, завод, предприятие	Количество проб		Среднее, мкг/г	
	(1)	(2)	(1)	(2)
СЭЛЗ	7	24	13,77	5,36
СИС-ЭВС	4	10	8,23	7,47
“Электровыпрямитель”	3	9	11,67	5,80
Кабельный	-	2	-	4,0
Автосамосвалов	3	-	3,73	-
Механический	2	6	7,55	2,72
Экскаваторный	2	-	8,00	-
Приборостроительный	-	6	-	4,83
“Биохимик”	1	3	10,00	4,00
“Резинотехника”	-	4	-	17,3
Инструментальный	-	2	-	2,8
Типография	1	-	5,00	-
Автотранспортные	7	7	21,49	5,71
Прочие “непромышленные”	14	17	3,65	2,84
Фон			3,58	
Допустимый уровень			8	
Критический уровень			24	

Примечание: в группу "автотранспортные предприятия" включены родители, работающие автоводителями, в автотранспортных хозяйствах, в автоинспекции и т.п.

Как отмечают О. П. Таиров и др. (1986), рассматривать факторы окружающей среды в связи с влиянием их на здоровье населения необходимо с учетом двух аспектов - качественного и количественного. Под качественным аспектом, по мнению авторов, понимается ярко выраженное неблагоприятное действие тех факторов среды, которое в реальных условиях практически всегда вызывает заболевание. Количественная сторона воздействия таких факторов на организм имеет менее выраженное значение, хотя и для них имеются уровни воздействия, не вызывающие заболеваний. В то же время, известны факторы среды обитания, неблагоприятное воздействие которых в несравнимо большей степени, чем предыдущие факторы, будет зависеть от дозы (количества) воздействия на организм и его продолжительности. Так, в производственных условиях значительное загрязнение воздуха металлами приводит к развитию у рабочих специфических заболеваний, тогда как в условиях городской среды существующие металлическое загрязнение только в очень специфических случаях обусловливает возникновение подобных заболеваний.

В то же время, даже невысокая металлическая нагрузка на городских жителей может значительно ухудшить течение других заболеваний и повысить чувствительность организма к их развитию. Возможно, что в случае с загрязнением металлами центральной части Саранска мы имеем аналогичную картину. В любом случае негативное влияние их на состояние здоровья людей достаточно очевидно, как и очевидна необходимость дальнейших широких эколого-эпидемиологических исследований в этом направлении.

10.5. Краткие выводы

Электротехнические заводы являются источниками эмиссии в городскую среду многих токсичных поллютантов. Специфической особенностью предприятий является присутствие в выбросах, стоках и отходах значительных количеств тяжелых металлов (Hg, Cd, Pb, Zn, Mo, W, Cu, Sb, Ag, Sn, Mn и др.), органических соединений (особенно растворителей), неорганических кислот (серная, соляная, азотная, плавиковая и др.), фтора, оксидов углерода и азота и других веществ. В выбросах и отходах заводов обнаружены вещества, обладающие канцерогенными свойствами (бенз-а-пирен, сажа, винилхлорид, соединения Cd, As, Be, Ni, Cr, формальдегид, ПХБ, минеральные масла). Есть сведения об образовании на предприятиях небольших объемов радиоактивных отходов. В большинстве случаев промышленные отходы (пыль, шламы, мусор и др.) вывозятся

на городскую свалку или складируются на территории заводов , в свою очередь являясь источниками загрязнения среды обитания.

Заводы этой отрасли характеризуются наличием вредных производств и постоянным присутствием в воздухе рабочих помещений высоких концентраций различных поллютантов, что обусловливает профессиональные интоксикации и повышенную профзаболеваемость рабочих. В Саранске наиболее высокие уровни профессиональной заболеваемости и наибольшее число заболевших злокачественными новообразованиями характерны именно для электротехнических предприятий. Значительную часть работников вредных производств электротехнических заводов составляют женщины, среди которых отмечена высокая заболеваемость. Дети, родившиеся у работниц производства ртутных ламп, отличаются замедленным развитием и повышенной заболеваемостью.

В зонах влияния электротехнических заводов в различных компонентах среды обитания (воздухе, почвах, растительности, водах, донных отложениях) фиксируются контрастные аномалии тяжелых металлов, микроэлементов, органических веществ. Зоны загрязнения среды обитания характеризуются значительными размерами и концентрациями поллютантов, превышающими фоновое содержание и гигиенические нормативы.

Постоянное присутствие в среде обитания различных поллютантов обусловливает их поступление в организм людей. В условиях Саранска особенно интенсивно в волосах детей концентрировались Pb и Cd, в меньшей степени Hg, Zn и Ni. У детей, проживающих в зонах влияния электротехнических предприятий, установлена повышенная заболеваемость пиелонефритом, циститом, болезнями крови, эндокринной и мочевыделительной систем.

Важным источником поступления тяжелых металлов в жилые помещения является их перенос рабочими на одежде, обуви, открытых частях тела. Это обусловливает более высокие уровни поллютантов в организме детей, родители которых работают на электротехнических заводах.

11. Проблемы утилизации отходов производства и потребления

Ежегодно в мире образуется 338 млн. т токсичных промышленных отходов и 400-450 млн. т твердых бытовых отходов. Согласно данным Всемирного фонда ресурсов [318], в большинстве развитых стран мира, за редким исключением, наблюдается постоянный рост объемов образующихся твердых бытовых отходов (ТБО)-(табл. 91).

Таблица 91. Количество ТБО в некоторых странах, кг/ на 1 жителя

Страна	1980 год	1990 год
Австрия	222	320
Бельгия	313	343
Великобритания	319	398
Германия	348	318
Греция	259	296
Испания	270	322
Италия	249	348
Канада	524	601
Люксембург	351	448
Нидерланды	489	497
Норвегия	416	472
Португалия	214	287
США	723	803
Франция	260	328
Швейцария	351	441
Швеция	302	374
Япония	355	408

На долю России (3% населения мира) приходится одна седьмая часть ежегодного прироста токсичных промышленных отходов (или 14,8%) и треть прироста твердых бытовых отходов (30,6%). Уровень рециркуляции вторичных отходов составляет 9-10%. Перерабатывается только 3-3,5% твердых бытовых отходов (АИФ, 1993, № 35). В отвалах и на свалках накоплено 1,6 млрд. т отходов, в составе которых присутствуют аккумуляторы и элементы питания, ртутные лампы и другие электротехнические изделия [116]. В 1996 г. предприятиями по уборке и санитарной очистке городских территорий вывезено 130 млн. $м^3$ твердых бытовых отходов и 60 млн. $м^3$ жидких бытовых отходов. Из общего числа вывезенных твердых отходов только 3% переработаны промышленными методами, остальные подлежали захоронению на полигонах [53]. На предприятиях страны образовалось 84 млн. т токсичных отходов, из них использовано в собственном производстве 51 млн. т, полностью обезврежено 2 млн. т, передано на другие предприятия 10 млн. т. Оставшиеся 21 млн. т отходов должны были организованно захораниваться, однако на санкционированные свалки и полигоны поступило только 1,3 млн. т промышленных отходов, т. е. значительная часть отходов либо складировалась на территории предприятий, либо была вывезена на несанкционированные свалки. Площадь, занимаемая местами организованного захоронения отходов, составляет 14,7 тыс. га. Более 15% учтенных мест организованного захоронения отходов не отвечает действующим нормативам. По данным государственного учета земель, полигонами отходов и свалками в стране занято 135,2 тыс. га. Расчеты показывают [168], что с

бытовыми отходами и мусором города с миллионным населением на свалку ежегодно поступает не менее 200-250 т Zn и Cu, 70-80 т Sn и Pb, 4 т Sb, до 1 т Ag.

В последние годы в ряде регионов России начата разработка региональных сводов законов и технических правил по вопросам сбора, утилизации и хранения бытовых и промышленных отходов. Например, в Москве в рамках Департамента инженерного обеспечения создаются система и организационная структура управления отходами [198].

11.1. Способы утилизации отходов

В мировой практике основными способами утилизации отходов являются захоронение (свалки, мусорные кучи, подземное захоронении, дампинг в океан, специальные склады и хранилища для наиболее опасных отходов), сжигание (мусоросжигающие заводы и энергетические печи), вторичное использование, или рециклинг (обработка почвы, компостирование, пиролиз, специальная раздельная переработка изделий и т. п.), физико-химическая и биологическая обработка. Удельный вес тех или иных методов переработки отходов в разных странах и для различных видов отходов может значительно меняться. Например, в США около 89% городских твердых отходов аккумулируются на свалках, 9% сжигаются в муниципальных мусоросжигателях; рециркулируются лишь 10% отходов, в том числе 1% компостируются [104]. В Японии 50% всех муниципальных отходов (23% всех видов отходов) подвергаются рециркуляции, ~ 34% из них сжигаются, 16% поступают на свалки и только 0,2% компостируются. В ФРГ ~ 30% всех отходов сжигаются (в Баварии > 50%), около 3% бытового мусора компостируются [219]. В Швейцарии удельный вес сжигания отходов составляет ~ 59%, рециклинга - 22%, захоронения - 12%; в Дании и Швеции сжигаются около половины всех отходов; в Швеции около 25%, в Австрии ~ 18% и в Испании ~ 17% отходов компостируются. Все указанные способы утилизации и переработки отходов в той или иной мере сопровождаются загрязнением окружающей среды.

Свалки бытовых и промышленных отходов, особенно неорганизованные и необорудованные, являются мощными источниками загрязнения среды обитания. Например, изучение состава мелкозема, образующегося при разрушении и разложении отходов, выполненное на свалках Подмосковья, установило высокие содержания многих химических элементов(табл. 92). В результате малой и невыдержанной мощности грунтов, которыми перекрываются отходы на заполненных свалках, верхний слой последних также обогащен поллютантами. При разложении отходов

и просачивании через них атмосферных осадков образуется фильтрат, который попадает на поверхность и скапливается в дренажных канавах, ямах и т.п. (табл. 93).

Таблица 92. Химические элементы в материале свалок Московской области [16]

Свалка	Кс относительно фона в почвах Подмосковья				
	> 300	300-100	100-30	30-10	< 10
Воронцово	-	-	Ag-Cu-Hg-Zn-Sn	Pb	Cr
Саларьево	-	Ag	Zn-Cd-W-Pb-Sn-Cu	Mo	Bi-Cr-Ni-Ba-Sr
Кучино		Ag-Cd	Zn-W-Cu	Pb-Sn-Mo	Cr-Co-Ni
Сосенки	Ag	W-Zn-Cu	Mo-Cd-Sn-Pb	Ni-Cr-Sr-Co-Be	Ba
Дурыкино	-	-	Zn	Bi-Sn-Pb	Cu-W-Ni-Ag-Cr-Co
Лобня	Ag	Cu-Bi	Zn	W-Pb-Sn-Mo	Cr-Ni

Таблица 93. Химические элементы в свалочном фильтрате, мкг/л [16]

Компонент	Кучино	Хметьево	Сапарьево	Сосенки	Лобня	Фон
Хром	495	1200	170	147	54	3
Марганец	620	320	372	285	132	30
Никель	380	650	142	189	74	2,6
Медь	1800	640	149	610	5	7,6
Цинк	1040	3800	121	267	348	28
Кадмий	52	1	3,5	4,5	6	0,024
Ртуть	2,5	-	0,05	0,06	0,05	0,066
Свинец	160	200	28	38	75	2,2

Примечание: фон в реках Московской области [226].

В материале поверхностного слоя свалок значительная часть, например, Zn (40-70%), Cu и Ni (10-20%), Cd (до 100%) находится в виде подвижных соединений. По мере удаления от тела свалки доля подвижных форм металлов, как правило, снижается. Обычно снижение происходит на расстоянии, совпадающем с протяженностью зон максимального загрязнения почв. Активная миграция поллютантов приводит к их проникновению в грунтовые и подземные воды. Свалочный фильтрат обогащен органическими веществами и отличается повышенной микробиологической опасностью. В окрестностях свалок в почвах, грунтовых и подземных водах, поверхностных водных объектах формируются значительные зоны загрязнения, отличающиеся высокими концентрациями многих поллютантов. Например, в отложениях водоемов Щербинской свалки (Московская область) интенсивно накапливались W (Кс=24), Hg (15), Cr (12), Pb (8), Mn (8), Mo (6), Cd (5), Ag (5), а также Sr, Cu, Zn, Sn (2-4). В воде водоемов фиксировались концентрации Hg, Ag, Zn, Pb, Cu,

As, многократно превышающие фоновые уровни в природных водах. Показательны данные, полученные Л.С.Соколовым и др. [179] при исследовании распределения паров Hg в приземном слое атмосферного воздуха в районе полигонов ТБО, расположенных в Московской области (табл. 94). Высокие концентрации Hg фиксировались практически на всех свалках, причем, как отмечают авторы, чем больше площадь полигона, тем выше содержания этого поллютанта. Интенсивность концентрирования Hg в воздухе зависела также от времени закрытия полигона или продолжительности его функционирования. Повышенные уровни металла в воздухе безусловно во многом связаны с присутствием в составе отходов различных электротехнических изделий (ртутных ламп, гальванических элементов и др.), а также термометров.

Таблица 94. Ртуть в воздухе полигонов ТБО, нг/м^3

Полигон	Период функционирования	Площадь, га	Среднее	Пределы
Икша	С 1983 г.	36	32	14-72
Кучино	1971-1983	6	13	11-18
Саларьево	1963-1975	30	30	12-57
Сосенки	1964-1970	44	10	8-12
Щербинка	С 1969	50	34	8-90
Тимохово	?	64		12-240

Особую опасность представляет образование газов (метана, азота, диоксида углерода, сероводорода, меркаптанов, альдегидов), что обусловлено активным протеканием анаэробных микробиологических реакций с органическими компонентами свалочного материала. Образующиеся газы в большинстве случаев имеют сильный и неприятный запах, ядовиты, горючи и даже (в определенном соотношении с воздухом) взрывоопасны. Немецкими исследователями было показано, что на свалках протекают специфические геохимические процессы, причем в результате различных биохимических реакций на активно функционирующих свалках наблюдаются существенные изменения в факторах, влияющих на подвижность и биологическую усвояемость загрязняющих веществ [257].

Достоинствами метода сжигания отходов являются существенное уменьшение их объема, действенное разрушение горючих материалов, в том числе органических соединений, уничтожение болезнетворных бактерий. Считается, что при оснащении мусоросжигательных установок эффективными системами очистки и контроля загрязнение воздуха минимально. В Швеции, например, законы требуют удаления 99% всех выделяемых в процессе сгорания поллютантов. Тем не менее без постоянного ухода, высокой квалификации и добросовестной работы операторов

устройства очистки и контроля уровень выбросов поллютантов может превышать допустимые нормы [104]. В дымовых газах установок для сжигания отходов содержатся пыль и газообразные вредные вещества (хлороводород, фтороводород, соединения серы и азота, оксид углерода, различные углеводороды, тяжелые металлы и др.). Сжигание отходов является серьезным источником поступления в среду обитания диоксинов и бензофуранов, хлорированных бензолов, ПАУ и их производных. Доказано наличие в продуктах сгорания такого нового класса вредных веществ, как азааренов, нитроаренов, цианоаренов, образующихся при сжигании азотсодержащих полимеров (некоторые из них используются в производстве электротехнических изделий и приборов).

Отходы от сжигания ТБО представляют собой зернистую золошлаковую смесь, составляющую 10% первоначального объема и 30% от массы утилизируемых материалов. В шлаке и золе присутствуют значительные количества многих химических элементов. Например, в золошлаковом материале от сжигания бытового мусора концентрировались Ag (Кс относительно кларка литосферы=686), Sb (461), Pb (199), Sn (195), Cd (172), Zn (144), Cu (85), W (16), Cr (15), Hg (13), Mo (13)-[168]. На одной из 33 действующих в Великобритании установок по сжиганию твердых отходов с золошлаком в хранилище поступает ежегодно 15 т Cd и 121 т Pb [285]. Особенно обогащена тяжелыми металлами летучая зола, в которой их содержания многократно превышают фоновые концентрации в почвах. Например, в летучей золе упомянутой выше установки были обнаружены (мг/кг): Cd - 271, Cu - 642, Cr - 74, Ni - 74, Pb - 4337, Zn - 9232. Многие специалисты относят золу к опасным отходам, которые должны размещаться на специальных полигонах. Металлы, присутствующие в уловленной очистными установками летучей золе, могут быть иммобилизованы в местах хранения только путем заливки золы жидким стеклом.

Специфично поведение ртути. При сжигании бытовых отходов основное количество ее переходит в газообразные продукты сгорания, а при последующей очистке последних в мокрых скрубберах - поступает в образующиеся сточные воды [297;307]. В отходящих газах мусоросжигательных печей обычно содержится 0,05-0,15 мг/м^3 паров Hg, а в ряде случаев от 1 до 5 мг/м^3, в то время как норма содержания Hg в атмосферном воздухе, рекомендованная ВМО, всего 0,015 мг/м^3 [277]. Есть сведения, что при сжигании бытовых отходов в специальных установках из 0,27 г Hg, содержащейся в 1 т отходов, примерно 1,1% попадает в сточные воды, 0,2% выбрасывается в атмосферу с отходящими газами, 94,7% остается в золе и около 4% оседает с пылью на электрофильтрах и других газоочистных устройствах [268]. Чтобы предотвратить вторичное загрязне-

ние окружающей среды Hg, необходимо подвергать специальной обработке сточные воды и осадок на фильтрах, что требует достаточно сложного и дорогостоящего оборудования.

Компостированию обычно подвергаются городские отходы, богатые органикой. Для получения исходного сырья для компоста сначала удаляют материалы, снижающие его будущее качество - пластмассы, стекло, металлы и т. п. Без применения сортировки и предварительного разделения используемых для компостирования ТБО получаемый компост содержит различные вредные вещества (табл. 95). В настоящее время, к сожалению, не существует достаточно надежных и удобных механизмов (способов) сортировки бытового мусора и других отходов. Данная операция является важнейшей в любом способе переработки отходов и во многом определяет экологическую эффективность и экономическую целесообразность рециклинга.

Таблица 95. Химические элементы в компостах из ТБО (по данным ИМГРЭ)

Город	Ассоциация (в скобках Кс относительно кларка почв)
Москва	Hg(750)-Pb(47)-Ag(44)-Sb(35)-Zn(31)-Cu(22)-Bi(22)-Cd(12)-B(6)-W(6)-Sn(4)-As(1,5)
С.-Петербург	Hg(750)-Pb(44)-Ag(33)-Bi(27)-Zn(23)-Cu(16)-Cd(14)-Sb(12)-Sn(7)-W(6)-B(5)-Mo(2)
Минск	Hg(230)-Zn(23)-Bi(23)-Pb(16)-Ag(11)-Sn(6)-Cu(5)-B(5)-Cd(4)-W(3)-Sb(3)-Mo(2)
Алматы	Hg(200)-Pb(65)-Ag(47)-Zn(33)-Bi(30)-Cu(20)-Sn(11)-Sb(5)-B(5)-
Ташкент	Hg(200)- Pb(40)-Ag(40)- Zn(40)-Bi(33)-Cu(27)-Sn(12)-Sb(5)-B(5)-

Пиролиз, т. е. термическое разложение отходов без доступа воздуха при температурах 400-700^{o}C, в результате чего происходит не сгорание отходов, а распад молекул (крегинг) на мономерные и олигомерные органические соединения, которые в принципе можно использовать для проведения химического синтеза. Именно поэтому этот процесс относят к методам рециклинга отходов [219].В некоторых странах уже имеются опытные и полупромышленные установки для пиролиза отходов.

11.2. Переработка и утилизация отходов производства и потребления в электротехнической промышленности

Как было показано выше, во многих технологиях, применяемых в электротехнической промышленности, широко используются различные химические элементы и соединения, которые входят в состав конечной продукции и поступают в отходы производства и потребления, что значи-

тельно усложняет процесс очистки и утилизации объемных городских отходов и в конечном счете загрязняет окружающую среду. Химический состав и экотоксикологическая опасность (прежде всего, наличие токсичных Hg, Cd, Pb, W, Mo, Cu, ПХБ и др.) отходов потребления во многом обусловлены присутствием в них электротехнических изделий и приборов (ртутные и другие лампы, гальванические элементы, аккумуляторы, светотехнические установочные устройства, корпуса приборов и т. п.).

Агентство по охране окружающей среды США еще в 1978 г. разработало критерии, определяющие вредность производства и уровень токсичности образующихся отходов (Toxic Materials News, 1978, 4, № 50, p. 379-386). В частности, к вредным производствам с токсичными отходами были отнесены технологические процессы, в которых изготавливаются текстиль, неорганические химикаты, органические материалы, пестициды, нефтепродукты, сталь, лаки и краски, пластики, лекарства, взрывчатые вещества, резина, кожевенные материалы, а также электролиты, электронные и электротехнические устройства и аккумуляторы. К токсичным отходам отнесены были также пестициды, хлорированные углеводороды, негалогенные растворы, смазочные масла, нефть, лакокрасочные покрытия, эмульсионные краски, цианидные растворы, сточные воды электролитического производства, растворы кислот. Все указанные отходы должны транспортироваться в специально отведенные места переработки, хранения и захоронения. В ФРГ к особо опасным отходам относятся такие, которые в силу своей токсичности не могут вывозится на общественные свалки или мусоросжигательные заводы [125]. В 1980 г. их количество, например, составило ~ 6 млн. т, причем электротехническая промышленность (144 тыс. т) располагалась на четвертом месте, уступая лишь химической промышленности (4300 тыс. т), целлюлозо-бумажной промышленности (340 тыс. т) и цветной металлургии (320 тыс. т).

По данным на 1965 г. [192a], количество образуемых отходов при использовании электрооборудования в США составляло 1657 тыс. т/год, из которых 24,4% утилизировалось. Скорость образования отходов при производстве электрооборудования составляла 1,7 т/год на одного рабочего. Электронный и электротехнический скрап, содержащий даже 0,001-0,003% драгоценных металлов (Ag, Au, Pt, Pd, Ro), уже эффективен для вторичной переработки [267]. В осадках стоков гальванических производств, которые имеются практически на всех электротехнических предприятиях, в высоких концентрациях присутствуют Cu (7,2%), Zn (5,6%), Ni (3,3%), Cd (2,6%) и другие металлы-[168].

Общая ежегодная масса вышедших из строя электробытовых и электронных приборов в Германии в середине 1970-х гг. оценивалась в

100-800 тыс. т [270]. Около 70% из них захоронялось на полигонах. В 1 т бытовых отходов, образующихся в стране, содержится 3-4 г Hg [297], которая может поступать в окружающую среду при сжигании отходов или при выщелачивании из мест их захоронения. По другим данным [294], содержание Hg в бытовых отходах ФРГ составляло в 1984 г. в 5 г/т (в 1975 г. - 6 г/т). Общее количество Hg, содержащейся в бытовых отходах в 1984 г., достигало 186 т, значительная часть которой была связана с электротехническими изделиями. Примерно 145 т Hg размещено было на свалках, а около 40 т поступило в атмосферный воздух при сжигании отходов. В США в 1970-1986 гг. от 50 до 85% Pb, присутствовавшего в ТБО, было связано с отработанными свинцовыми аккумуляторами, до 27% давали бытовые электротехнические и электронные изделия; более половины Cd попадало в отходы с Cd-Ni-батареями, 9% - с бытовой электроникой (Toxic Subst. J., 1989, 9, № 2-3). В 1986 г. в городских отходах США содержалось 213652 т Pb и 1788 т Cd. Значимым источником Pb и особенно Cd в твердых бытовых отходах являются различные пластмассы и красители, которые могут присутствовать в составе бытовых электротехнических изделий. В частности, удаления пластмасс способствует сокращению содержания Cd в ТБО и в отходящих газах мусоросжигательных заводов соответственно на 28 и 66% [278]. Уже в середине 1980-х гг. в США основным источником получения сырья для производства вторичных цветных металлов служили старые автомобили и вышедшие из строя электробытовые приборы [67].

Исследования, выполненные в Саранске, показали, что значительная часть образующихся на электротехнических предприятиях отходов (пыль, шламы, отходы производства, мусор) в течение многих лет вывозится на городскую свалку (где накопились сотни тонн тяжелых металлов и других поллютантов), определенная часть складируется на территории предприятий и лишь небольшая доля используется вторично или передается в другие организации. По-видимому, подобная ситуация типична для большинства городов и электротехнических предприятий России. Например, в 1992 г. на предприятиях, входящих в систему Департамента электротехнической промышленности РФ, было уловлено ~ 41% (50,6 тыс. т) вредных веществ, из которых лишь 6% (3,3 тыс. т) утилизировано [127].

Выбор вида переработки отходов производства и потребления во многом определяется стоимостью и экономичностью способа утилизации и очистки отходов [311]. Хорошо известно, что для металлов и ряда химических элементов детоксикация в принципе практически невозможна, поскольку в большинстве случаев токсичность металла обусловлена главным образом свойствами самого элемента (атомов), а не свойствами ве-

ществ (соединений), в состав которых он входит. Естественно, что при определенных условиях химические свойства веществ (молекул) могут играть существенную роль в поведении и судьбе металлов. Однако чаще всего токсичность их обусловлена ионной формой металла, высвобождающегося при распаде вещества (молекул). Именно в этом во многом и заключается актуальность проблемы загрязнения среды обитания тяжелыми металлами, поскольку указанные свойства практически исключают прямую детоксикацию как в условиях биосферы («самоочищение» окружающей среды), так и непосредственно в живом организме. В идеале единственным надежным способом является полный рециклинг металлов из отходов производства и потребления. Принципы переработки наиболее токсичных отходов должны предусматривать минимизацию образования их путем замены исходного сырья на безвредные (менее вредные) материалы, модификацию производственных процессов и внедрение замкнутых (малоотходных) технологических цепочек, селективный сбор и удаление на специальные полигоны токсичных компонентов, рециклинг, предварительную (перед рециклингом или вывозом на свалки) обработку. Потенциальные возможности увеличения производства вторичных металлов заключаются главным образом в сборе, переработке и извлечении их из бытовых отходов и вышедших из строя изделий. В частности, электротехнические изделия служат важным источником вторичной меди. Приводимые в табл. 96 данные дают представление о сроках службы медной продукции в основных медепотребляющих отраслях США и о степени извлечения из нее металла. Продукция электротехнической промышленности является важным вторичным источником многих полезных материалов.

Таблица 96. Срок службы медной продукции и степень вторичного извлечения меди [131]

Сфера	Листовой прокат		Прутки		Трубы		Прочие изделия	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Жилищное строительство	29	28	19	20	24	36	29	28
Транспортное машиностроение	9	28	9	20	9	44	9	36
Производство потребительских товаров	4	20	4	12	9	18	7	20
Общее машиностроение	18	40	18	40	18	40	18	35
Электротехническая промышленность	24	24	24	24	24	24	19	42

Примечание: 1 - срок службы (в годах); 2 - степень извлечения меди (в %).

Интересен опыт фирмы «Дженерал Электрик», специалисты которой предложили подход к идентификации (классификации) потока отхо-

дов в соответствии с Законом о предотвращении загрязнений, попавших в перечень выделений токсичных химических веществ (перечень включает 313 таких веществ), для которых известны пороговые значения [260]. Критерии подхода следующие: 1) поток, содержащий одно или несколько химических веществ из упомянутого перечня, который выделяется в окружающую среду; 2) поток, содержащий одно или несколько веществ перечня, который используется в котлах-утилизаторах или промышленных печах либо сжигается в качестве топлива; 3) поток, содержащий одно или несколько веществ перечня, поступающий в устройство для обработки отходов, где происходит деструкция, биологическое разложение или химическая конверсия, причем упомянутое устройство находится под юрисдикцией федеральных властей или администрации штата; 4) поток, содержащий одно или более веществ перечня, который является полупродуктом, промежуточным продуктом или материалом, используемым на установке для производства продукции; 5) поток, содержащий одно или несколько веществ перечня, который поступает в устройство, все выходы которого предназначены для выделения или удаления; 6) поток, содержащий одно или более химических веществ перечня, покидающий установку и удовлетворяющий, по крайней мере, одному из следующих требований: а) поток, который передается на другую установку для дальнейшей обработки и возвращается на первую установку; б) поток, который передается на установку самой фирмы для дальнейшей обработки и производства продукции; 7) поток, содержащий одно или несколько веществ перечня, который обрабатывается, сжигается с утилизацией энергии или захоронятся. Ценность разработанного подхода заключается в том, что предложенные критерии обеспечивают промышленность и администрацию регионов простым, но надежным средством для оценки химических веществ. Работая с такими критериями на любых предприятиях, можно идентифицировать потоки отходов, что позволяет сфокусировать внимание на подавлении образования отходов у источника, на подавлении образования и выброса загрязняющих веществ.

Для разработки стратегии и тактики борьбы с опасными отходами особое значение имеет документ, разработанный на конференции стран-участниц Базельской конвенции в декабре 1992 г. в Уругвае, в котором обозначены основные вопросы, адресованные к производителям, экспортерам, импортерам или к тем, кто занимается депонированием опасных отходов [300]: 1) каково физико-химическое состояние опасных отходов?; 2) какова доля утилизируемых компонентов в этих отхода?; 3) будет ли при утилизации/рециклинге происходить вторичное образование опасных отходов и какая часть отходов не подвергается утилизации? 4) каки-

ми являются остатки, образующиеся при депонировании? 5) предусмотрено ли хранение опасных отходов перед утилизацией или рециклингом? являются ли места для их хранения экологически приемлемыми? 6) какие методы будут использоваться для депонирования остатков от утилизации? 7) каковы виды и количество выбросов в среду обитания при таком депонировании? 8) какие средства принимаются для снижения выбросов в окружающую среду? 9) насколько трудна очистка при случайных потерях или при неправильном управлении? 10) какой является экономическая ценность опасных отходов (с учетом неоднородности их состава)? 11) существует ли технологическая возможность утилизации или рециклинга? 12) были ли прежде случаи отрицательного воздействия на окружающую среду при трансграничных перевозках опасных отходов, предназначенных для утилизации или рециклинга? 13) происходит ли торговля отходами по обычным каналам и является ли она обычной практикой? 14) каков общий экологический эффект от утилизации и/или рециклинга? 15) какова степень использования опасных отходов, подлежащих утилизации/рециклингу? 16) имеются ли у стран-экспортеров отходов оценки оборудования, технологий и правовых норм в странах-импортерах?.

В последние годы все большее развитие получает так называемая совместимая с окружающей средой стратегия переработки отходов, основанная на следующих подходах [219]: 1) снижение количества отходов уже в процессе производства; 2) уменьшение отходов за счет их сортировки при сборе; 3) вторичное использование (рециклинг) материалов, полученных из отходов; 4) удаление остающихся после переработки отходов с минимальным риском для среды обитания и человека. Важнейшее значение придается созданию предприятий по раздельному сбору и утилизации отходов и использованных изделий, где они подвергаются комплексной переработке современными технологическими методами с целью получения готовой для продажи на рынке продукции, а также внедрению законодательных актов и мер экономического стимулирования. Система раздельного сбора и последующей переработке, как и меры экономического стимулирования, могут быть особенно эффективны в отношении вышедших из строя электротехнических изделий.

11.2.1. Утилизация источников света

Использование искусственных источников света в быту и на производстве не исключает вероятности попадания содержащихся в них химических элементов и соединений в среду обитания. Вышедшие из строя

электролампы не только загрязняют (прежде всего, ртутные) окружающую среду, но и представляют собой вторичное сырье для получения полезных компонентов (цветные металлы, стекло). Это обусловливает необходимость создания специализированных предприятий, обеспечивающих учет, сбор и переработку указанных изделий. Необходимо отметить, что, например, во многих штатах США использование ртутных ламп ограничено; в мае 1993 г. Агентство по охране окружающей среды запретило захоронение в почву отходов с высоким содержанием Hg; в стране создано несколько региональных компаний по утилизации ртутных ламп [105].

В России еще в конце 1980-х - начале 1990-х гг. в ряде городов возникли предприятия по утилизации (демеркуризации) вышедших из строя люминесцентных ламп. Сейчас такие предприятия имеются в гг.Москва, Мытищи, Дубна, Лыткарино (переработка и утилизация некондиционной ртути), Санкт-Петербург, Калининград, Киров, Брянск, Набережные Челны, Нижний Новгород, Новгород, Новосибирск (на заводе "Химконцентраты"), Самара, Северодвинск, Сыктывкар, Тольятти, Чайковский, Чебоксары (в 1989 г. здесь было утилизировано 600 тыс. ЛЛ) и др., а также в некоторых городах Прибалтики, Белоруси, Украины, Армении. В Эстонии фирма «Масп» ежегодно перерабатывает до 400 тыс. ЛЛ (Velner, Vosu, 1994). Есть сообщения о попытках организовать демеркуризационные центры в Курске, в Самаре, в Краснодарском крае, в Ногинске Московской области, в Рязанской области. В России, видимо, функционирует около 30 подобных предприятий.

Анализ материалов последней "Белой книги" России показывает, что опасность ртутного загрязнения, обусловленного использованием разрядных ламп, уже осознается природоохранными службами страны [53]. В указанном документе необходимость безопасной утилизации ЛЛ считается чрезвычайно актуальной в Карелии, в Белгородской, Владимирской, Магаданской, Рязанской, Ярославской областях, в Краснодарском и Красноярском краях. В отдельных регионах на уровне администрации городов и субъектов РФ принимаются попытки организационного решения проблемы учета, сбора, хранения и переработки ртутьсодержащих ламп (в гг.Москве, Санкт-Петербурге, Кирове, Курске, Тюмени, Калининграде, в Калининградской, Саратовской и Тюменской областях, в Краснодарском крае). В 1997 г. было подписано "Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Украины о сотрудничестве в области переработки ртутьсодержащих отходов", предполагающее переработку таких отходов на Никитовском ртутном комбинате [124]. Следует, однако, подчеркнуть, что практическая "судьба" многих указанных выше решений и постановлений не известна.

При отсутствии демеркуризационных предприятий захоронение вышедших из строя ртутных ламп должно производится в стальных герметичных контейнерах на специальных полигонах в бетонированных траншеях [107] и, видимо, с учетом возможности их последующей переработки в случае создания соответствующих производств в данном регионе. В России имеются разработки специальных контейнеров для сбора отработанных ЛЛ. Например, такой контейнер разработан предприятием «ИНПРОН» (г.Чебоксары). Контейнер загружается отработанными лампами непосредственно у потребителей, герметически закрывается и доставляется в центр демеркуризации, причем открывается он специальным устройством только внутри установки, что позволяет исключить поступление Hg в среду обитания при транспортировке и хранении ламп.

В настоящее время в мировой практике известны физические, физико-химические и химические способы демеркуризации и переработки ртутьсодержащих ламп [17]. Первые два основаны на механическом извлечении Hg или ее термической возгонке с последующей конденсацией, адсорбцией или абсорбцией. Обычно эти способы требуют высоких температур, вакуумной техники, криогенной технологии систем сорбции Hg из отходящих газов. В нашей стране они реализованы в установках типа УРЛ-2, УДРЛ-1, УДТ-100, УДМ-3000. Наиболее распространенный способ утилизации ЛЛ основан на термической возгонке Hg из смеси стеклянного и металлического лома с последующим улавливанием и конденсацией ее паров. Примером являются установки, разработанные ВНИИВМР [56;107;109;123] и реализованные в практике (установки УДЛ-100, УДЛ-150, УДЛ-750 производительностью 100, 150 и 750 тыс. ламп в год). Первая опытно-промышленная установка подобного типа была в свое время внедрена на Лиепайском галантерейном комбинате. К одной из таких установок ВНИИВМР создал приставку, которая позволяет отбирать из стеклобоя металлы. В свое время был даже начат выпуск демеркуризационных установок на электроламповом заводе в г.Майли-Сае (Киргизия).

Положенный в основу таких термоустановок технологический процесс включает в себя несколько стадий. Прежде всего, отработанные лампы дробятся и нагреваются в печах до температуры испарения Hg и разложения ее соединений. Пары Hg уходят с технологическим газом, а стеклобой, содержащий до 0,00021% металла, выгружают из печи и подвергают дальнейшей переработке и захоронению. Технологический газ очищают от пыли и охлаждают до температуры конденсации Hg. Конденсат, или ступпу, содержащую около 70% металлической Hg и продукты уноса (люминофор, стеклянную пыль), направляют на переработку на

ртутный комбинат. Охлажденный технологический газ очищают адсорбентами (активированный уголь) и выбрасывают в атмосферу (при содержании паров металла не более 0,01 мг/м^3). Сорбенты либо регенерируются, либо подлежат захоронению на оборудованных свалках. Существенными недостатками данной технологии являются высокая энергоемкость, вероятность выброса газов в атмосферу из-за нарушения герметичности в стыках технологических трактов, возможность локального загрязнения среды обитания из-за постоянного выброса технологического газа в атмосферу и захоронения отработанных сорбентов.

Химические методы основаны на реакциях окисления-восстановления, обусловливающих перевод Hg в нерастворимые соединения или в соединения, легко поддающиеся дальнейшей утилизации. Распространенным является способ демеркуризации отходов раствором хлорного железа, а также реагентами, содержащими его соединения. В связи с образованием в этом случае токсичных и подвижных соединений Hg используется многократная промывка отходов водой. Это требует наличия систем выделения поллютантов из водных растворов. Аналогичными недостатками обладает способ демеркуризации водными растворами хлористого натрия (при pH=1,5-2,5), что, к тому же, требует применения специальных сталей (из-за высокой агрессивности растворов). Существуют также промышленные способы демеркуризации водными растворами сульфида и полисульфида натрия, сероводорода, основанные на переводе Hg в труднорастворимый сульфид. В России еще в 1950-х гг. на Московском электроламповом заводе была создана установка дробления стекла ламп на мелкие куски с отмывкой их водой на вибрационных ситах [196]. При этом стекло и металлические части лампы отмывались от Hg, стекавшей в расположенные под ситами отстойниками. Известна разработка Проектного института РНЦ “Прикладная химия” и НПО ЭНЭКО (Санкт-Петербург), основанная на использовании активных реагентов и замкнутого водооборота с переводом Hg и/или ее паров в сульфид [17]. Предлагаемая технология включает следующее: лампа разбивается под слоем рабочего раствора, активные реагенты которого связывают пары Hg в труднорастворимые нелетучие соединения, стеклобой и металлические отходы промываются специальным раствором, рабочий и промывной растворы фильтруются и направляются на регенерацию, после чего вновь используются для связывания паров металла. Необходимо отметить, что практически всем методам, основанным на водной отмывке, присущи небольшие скорости реакции, необходимость глубокой очистки образующихся сточных вод и относительно невысокая степень очистки стеклобоя от Hg.

В настоящее время предпринимаются попытки разработки новых и совершенствовании существующих методов демеркуризации ртутных ламп. Например, сообщалось об ультразвуковой технологии переработки ЛЛ, разработанной киевскими специалистами и реализованной на ПО “Радикал” [65]. Нижегородским архитектурно-строительным институтом разработан способ извлечения металлической ртути из ЛЛ ламп и предложена конструкция соответствующей промышленной установки. В одном из патентов предлагается Hg из отработанных ламп, термометров, термостатов смешивать с неорганическим порошком, в результате чего она прочно соединяется с последним и образует твердый материал [295].

Рассмотрим особенности функционирования демеркуризационного предприятия на примере Региональной станции демеркуризации, созданной на базе МЭП “Меркурий” (Новгород). Проект указанной станции был разработан НПО «Сертификат» (г.Челябинск) в 1991 г. Станция включает две установки УДЛ-150, одна из которых является рабочей, а другая используется в качестве резервной. Производительность одной установки составляет 700 тыс. ламп в год. Режим работы - трехсменный (при шестичасовой смене). Технология демеркуризации ртутных ламп и соответствующее оборудование были в свое время разработаны ВНИИВМР Госснаба СССР. В основу процесса положена термическая демеркуризация, основанная на нагревании стеклобоя (получаемого после вскрытия ламп) в электропечи до 530^{o}C, в результате чего Hg переходит в парообразное состояние. Технологический газ, содержащий пары металла, проходит через конденсатор, где конденсируется основная часть поллютанта. Ступпа (шлам из капельной Hg, влаги, люминофора, порошкообразного стекла) собирается в герметический контейнер для дальнейшей отправки на ртутный комбинат. Из печи технологические газы, содержащие органические соединения, поступают в фильтр-дожигатель, где идет очистка от газов и пыли и разложение органики при температуре 800-900^{o}C до углекислоты, газа и воды. Из конденсатора газ с остаточными парами Hg проходит через адсорбер, где происходит поглощение металла на химическом поглотителе (активированном угле); далее остаточный газ совместно с вентиляционными выбросами от производственных помещений направляются на доочистку в три параллельно установленных адсорбера. Согласно расчетам (при условии работы одной установки), количество выбрасываемой в атмосферу ртути составляет не более 0,072 кг/год, а концентрация ее на границе 300-метровой санитарно-защитной зоны станции не превышает 0,002 ПДК. Для предотвращения аварийных ситуаций и попадания паров металла в рабочее помещение демеркуризационные установки герметизированы и находятся под разрежением не ме-

нее 5 мм рт. ст. В ходе технологических процессов осуществляется мокрая уборка помещений, перед которой производится предварительное обеззараживание загрязненных мест раствором 0,2% подкисленным раствором перманганата калия и 20%-ным раствором хлорного железа. Ртутьсодержащие поливочно-моечные стоки сбрасываются через ловушку для металлической Hg в отстойники для задерживания взвешенных веществ. Далее вода самотеком поступает на фильтры (2 рабочих и 1 резервный) с загрузкой катионитом марки КБ-4 (слабокислотная карбоксильная смола). Используется одноступенчатая фильтрация. В случае полного насыщения ртутью катионита в работу включается второй фильтр. Период работы каждого фильтра - не менее 3 лет. Вода от взрыхления загрузки фильтра поступает на очистку и затем сбрасывается в городскую канализацию. Для охлаждения оборудования предусмотрена система оборотного водоснабжения.

В год на одной установке утилизируется около 300000 ЛЛ, что дает до 34 кг Hg в виде ступпы, которая в свое время подлежала отправке на Никитовский ртутный комбинат. Отработанный сорбент системы очистки технологических газов (до 340 кг/год) упаковывался в герметические емкости и также отравлялся на переработку на ртутный комбинат. Отработанный и высушенный осадок из системы очистки сточных вод загружается в установку для извлечения из него Hg, а затем вывозится на свалку. Стеклобой, содержащий 97-98% стекла, 0,2-0,3% люминофора, 2-3% цветных металлов и незначительное количество Hg предполагалось использовать в качестве наполнителя в асфальтобетонной смеси для дорожного строительства.

Общее количество ежегодно утилизируемых в России ртутных ламп не известно, но представляется, что они составляют незначительную долю от общего числа выходящих из строя изделий такого рода. Можно предположить, что количество перерабатываемых ламп вряд ли превышает 10% от объема их ежегодного использования. Отсутствие широкой сети специализированных служб по учету и сбору отработанных ртутьсодержащих изделий, а главное целенаправленной государственной политики, подкрепленной соответствующим законодательством, чрезвычайно затрудняет деятельность указанных предприятий и не способствует организации новых демеркуризационных центров. Очень слабо организована просветительская деятельность среди различных организаций и всего населения в целом, отсутствуют специальные пункты приема вышедших из строя ртутных ламп, как и других электротехнических изделий. В большинстве случаев содержащие ртуть и другие токсиканты изделия выбрасываются в мусорный бак не целенаправленно, а главным образом

по незнанию или вынужденно. Значительная их доля в конечном счете поступает на свалки, в большинстве своем не приспособленных для захоронения таких видов отходов, что не исключает загрязнения окружающей среды токсичными веществами. Одним из путей решения проблемы может быть законодательное закрепление положения о том, чтобы для промышленных предприятий и различных организаций плата за безлимитный вывоз одной лампы на свалку была соизмерима со стоимостью новой ртутной лампы.

11.2.2. Утилизация бытовых химических источников тока

В России бытовые ХИТ целенаправленно не собираются и не утилизируются, а в лучшем случае попадают на свалки, которые в большинстве своем не оборудованы для захоронения опасных отходов. Содержащиеся в них металлы и различные химикалии в конечном счете поступают в окружающую среду в качестве продуктов выщелачивания свалок. Как правило, в настоящее время различные бытовые приборы и изделия, в которых используются СГЭ, производимые ведущими фирмами мира и распространяемые на территории России, снабжены специальными значками и пометками в инструкциях о необходимости последующей раздельной утилизации использованных элементов. Тем не менее продаваемые ныне на территории России бытовые ХИТ часто являются либо подделками, либо бракованными, что значительно ускоряет их поступление в отходы. Необходимо отметить, что в свое время в НИИ механизации (г.Красноармейск, Московская область) были разработаны технологический процесс и комплекс оборудования для термической демеркуризации гальванических элементов типа А316, А332, А343 [97].

К настоящему времени в мировой практике известны примеры успешной реализации программ селективного сбора и переработки бытовых ХИТ. В США, например, считается, что обязательным условием разработки и последующего внедрения таких программ является предварительное решение вопросов сбыта собираемых батареек, безопасности и “экологичности” используемых для их переработки технологических процессов. Уже в 1986 г. в стране было утилизировано до 80% использованных батарей (Toxic Subst. J., 1989, 9, № 2-3). В некоторых штатах США приняты законы, запрещающие продавать на их территории батареи, содержащие Hg.

В Японии в качестве мер решения проблемы сухих батареек прелагается ограничить содержание Hg в этих изделиях, наладить переработку

использованных батарей в промышленном масштабе, использовать средства информации для разъяснения опасности загрязнения окружающей среды и необходимости сбора отработанных СГЭ отдельно от остальных бытовых отходов [272]. Особое внимание уделяется объединению усилий промышленных и административных кругов, а также потребителей в целях разработки эффективных мер по предотвращению загрязнения окружающей среды поллютантами, содержащимися в ХИТ [261]. Потребность в Hg в стране в настоящее время в основном удовлетворяется за счет ее извлечения из отходов и за счет импорта, объем которого составлял в середине 1980-х гг. около 90 т в год. Еще в 1983 г. Японская ассоциация фирм-изготовителей сухих батарей опубликовала программу, направленную на уменьшение уровня загрязнения окружающей среды Hg, содержащейся в гальванических элементах, главным образом путем снижения количества этого металла во вновь выпускаемых батарейках. В г.Суита (город-спутник Осаки) разработан и осуществляется план утилизации отходов, по которому сбор последних производится с разделением на несколько видов, в том числе отдельно собираются так называемые опасные или трудноперерабатываемые отходы (медицинские термометры, гальванические элементы и др.), а также бытовые электроприборы [259]. В городе функционирует Центр рециркуляции отходов, в задачи которого входит организация раздельного сбора отходов и их переработка.

Французские фирмы SNAM и SAVAM при рециклирование никель-кадмиевых батарей используют закрытый термический процесс; получаемые при этом Ni-Fe отходы направляют на сталелитейные заводы или подвергают переплавки для получения ферроникелевого сплава. Применяемая технология предусматривает непосредственное получение ферроникеля, а Cd при этом извлекается в виде оксида 99% чистоты. При переработке жидких и порошкообразных отходов производства никель-кадмиевых батарей используется электрохимический процесс (Metal Bull., 1990, № 7482, p. 29). В Швейцарии в лабораторных условиях разработана экологически безопасная технология переработки отходов производства портативных аккумуляторных батарей. На первой стадии из отходов отделяют составляющие с высоким содержанием Hg. Затем проводят измельчение и мокрое разделение. Крупные фракции подвергают гравитационному и магнитному обогащению, в результате чего получают Fe, Zn, Cu, бумагу, пластик. Тонкие фракции выщелачивают серной кислотой с целью получения Zn, Mn, Cu и Cd (Hydrometallurgy, 1989, 22, № 3, p. 379-391, 399-403).

Интересен опыт Испании, где около 13 тыс. почтовых отделений недавно начали сбор использованных бытовых элементов питания, в ко-

торых содержатся Hg и Cd (Мир на ладони, 1991, 4, № 2). Указанные изделия отправляются в центры промышленной переработки отходов. В Финляндии отработанные СГЭ либо принимаются на бензоколонках и в торгующих ими магазинах, либо сорбируются специальной службой, имеющей точный график посещения жилых кварталов (Зеленый мир, 1998, № 3). В Великобритании в 1982 г. при переработке использованных СБ было извлечено ~ 18-21 т Hg, или около 21% от ежегодного объема металла, используемого при производстве указанных изделий [271]. В Бельгии с 1990 г. введены строгие ограничения на содержание Hg в миниатюрных СБ, используемых в бытовых приборах (Энергия, 1988, № 6). Батареи, содержащие до 30% металла, должны заменяться цинковыми с содержанием Hg не более 1%. В щелочных батареях ее количество не должно превышать 0,15%. В стране налажены централизованный сбор и переработка использованных батарей. Еще в 1986 г. Европейская ассоциация производителей батарейных источников питания выступила с призывом к 1991 г. сократить содержание Hg в батарейках на 80%. Дания, например, в связи с этим призывом запретила изготовление и применение ХИТ на оксиде ртути (Энергия, 1988, № 3).

11.2.3. Переработка ПХБ

ПХБ и содержащие их жидкости с очень большим трудом поддаются ликвидации. До недавних пор основным и повсеместно распространенным способом их удаления являлось сжигание при высоких температурах. Считается, что ПХБ можно обезопасить на 99,9% методом высокотемпературного сжигания (при t^o в 1000^{o}C) в специальных печах [98]. Однако этот процесс очень дорогостоящий и его нельзя использовать для обеззараживания больших количеств зараженных грунтов или масел, содержащих ПХБ. К тому же он сопровождается образованием побочных продуктов типа диоксинов.

Известно и запатентовано изобретение, согласно которому загрязненные ПХБ почвы, отходы, электрические трансформаторы и конденсаторы помещаются в специальную камеру обезвреживания, в которую подается газ-носитель, смешанный с паром. В качестве газа-носителя может использоваться инертный газ, в частности, продукты сгорания, или восстановленный газ с низкой или средней теплотворной способностью, например, генераторный газ, образующийся во входящем в состав устройстве газогенераторе. В камере обезвреживания происходит испарение летучих органических веществ, содержащихся в отходах, а наличие газаносителя позволяет эффективно снизить температуру испарения нежела-

тельных органических соединений при относительно низком давлении. Продукты разложения из этой камеры, в которую при необходимости могут подаваться адсорбенты, с помощью газа-носителя поступают в реактор, где ПХБ, содержащиеся в газе-носителе, реагируют с O_2 при температуре от 1540 до 1930^oC. Обезвреженные твердые остатки из камеры удаляются через выходной тамбур. В случае необходимости процесс обезвреживания может происходить в непрерывном режиме. В качестве топлива в газогенераторе могут использоваться твердое, жидкое и газообразное, а при их неполном сгорании образуется восстановительный газ, который и направляется в камеру обезвреживания. Газогенератор может быть выполнен по принципу кипящего слоя [249].

В Австралии переработка ПХБ осуществляется на предприятии по производству растворителей компании “ICI Australia”. Интересно, что значительная часть этих соединений представляет собой отходы, которые импортируются в страну [242]. В Швеции существует станция по уничтожению отходов, содержащих ПХБ, хлорированные углеводороды и т.п., с производительностью 40 тыс. т в год, которая принадлежит акционерному обществу с участием государства [286].

11.2.4. Утилизация свинцовых аккумуляторов

Аккумуляторная промышленность является главным источником Pb для его вторичного производства. В ежегодно выходящих из эксплуатации аккумуляторах содержатся сотни тысяч Pb [265]. Еще в середине 1960- гг. средний срок службы аккумуляторов составлял около 29 месяцев [39]. В настоящее время он, видимо, приближается к 4-5 годам. В процессе регенерации аккумуляторов выделяется значительное количество пыли, которая содержит также Sb, As, Cd и другие поллютанты, часть которых также может регенерироваться. Для уменьшения переработки Pb, идущего на производство аккумуляторов, следует применять емкостные накопители энергии (так называемый "конденсаторный пуск двигателя") совместно с аккумулятором небольшой емкости. Необходимо также создание благоприятных условий стимулирования промышленности и торговли к вторичному использованию и разработке менее токсичных аккумуляторов и батарей. Тем не менее свинцовые аккумуляторы еще долго, по крайней мере в России, сохранят свое значение как один из самых удобных и дешевых источников электроэнергии. Отсюда актуальным является их безопасная вторичная переработка.

В настоящее время известны эффективные технологии и многочисленные примеры успешной переработки свинцовых аккумуляторов.

Так, в последние 30 лет в промышленно развитых странах почти 80% свинца аккумуляторных батарей восстанавливается на заводах вторичной переработки [39;304]. В швейцарском г.Эрликоне, например, действует установка для извлечения Pb из отработавших свой срок автомобильных аккумуляторов и стационарных батарей [258]. Предприятие преследует две цели: уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и пополнение сырья. Поскольку Pb содержится в указанных изделиях частично в виде оксидов и других соединений, то главная технологическая задача состоит в преобразовании их в чистый металл. Для предотвращения выбросов в атмосферу поллютантов отходящие газы плавильной печи фильтруются и дожигаются. В Эстонии фирма «Кесто» осуществляет организованный сбор Pb-кислотных аккумуляторов, которые после предварительной обработки направляются для рециклинга в Швецию.

В России также ведутся работы по осуществлению проектов утилизации отработавших срок аккумуляторов и созданию специализированных региональных заводов по переработке аккумуляторного лома и получение из него свинца и сплавов. В частности, есть сообщения о том, что по решению Правительства Москвы, на базе Люберецкого электромеханического завода будет создаваться производство по переработке и утилизации стартерных аккумуляторов. Требованиям максимальной экологической безопасности при минимальных капиталовложениях и энергозатратах отвечает технология переработки аккумуляторного лома, разработанная ПНПТП "Эльта" с применением гидрометаллургических, электрохимических и низкотемпературных (600-700^{o}C) переделов. Расчеты показывают, что если создается комплекс (в любой организационной форме), включающий сбор, переработку вторичного Pb и выпуск товарной продукции с использованием металла и его сплавов (аккумуляторы, кабель), то даже при вложении средств на реконструкцию, например, аккумуляторного производства с доведением выпускаемых батарей до конкурентно-способного качества, окупаемость не превысит 1-1,5 лет [59]. При этом следует иметь помнить, что стоимость Pb в изделиях в 2-3 раза выше, чем товарного металла и его сплавов.

Среди первоочередных задач, требующих своего решения, необходимо назвать упорядочивание системы сбора и переработки вторичного свинцового сырья путем создания региональных специализированных организаций, которые должны иметь государственную поддержку (льготное налогообложение, льготные кредиты и пр.); разработку соответствующих нормативных документов, введение мер поощрения и санкций за нарушения требований. Особое значение имеет разработка специализированной государственной программы рециркуляции Pb с целью обеспече-

ния потребителей этим металлом с соблюдением экологических требований в рамках уточнения Целевой программы "Комплексное развитие производства свинцово-цинковой продукции РФ" [59].

11.3. Демеркуризация помещений

В настоящее время использование ртути и изделий с ее наполнением в производственных и бытовых целях регламентируется рядом нормативно-инструктивных документов [48;49;74;101;137;171-173], многие из которых, к сожалению, уже устарели и/или неизвестны широкому кругу пользователей. В этих же документах определяются требования к хранению, утилизации и т.п. ртутьсодержащих отходов, а также к демеркуризационным мероприятиям.

Долгое время для осуществления демеркуризации используются механический, химический или термический методы самостоятельно или в совокупности. Выбор метода, как свидетельствуют инструктивные документы, определяется материалом, подлежащим демеркуризации, и формой нахождения ртути. Естественно, что подходы к санации производственного оборудования, бытовых изделий и т. п. и подходы к демеркуризации различных помещений и других строительных конструкций, загрязненных этим металлом, в каждом конкретном случае имеют свои особенности. В частности, обработку небольших изделий и оборудования можно проводить в специальных ваннах, емкостях, камерах, исключающих вторичное загрязнение среды обитания.

Механический способ демеркуризации основан на использовании вакуума или амальгамированных медных пластинок в сочетании с гидроструйной или дробеструйной обработкой. При химической обработке используются (в зависимости от характера материала) различные растворы (перманганата калия, серной кислоты, азотной кислоты, хлорного железа, гипохлорита натрия, а также хлорная вода, раствор хлористого натрия, насыщенный хлором, горячий мыльно-содовый раствор и др.). Термическая демеркуризация осуществляется путем нагрева материалов при заданном режиме температуры. В случае с помещением используются горячий воздух, пламя газовых горелок и т.п. в сочетании с откачкой воздуха через сорбенты. В практике работ, как правило, прибегают к совместному использованию двух или даже трех названных методов. Обычно при обработке помещений химический метод играет в основном вспомогательную роль и в основном применяется на заключительном этапе для инактивации остаточной Hg. В производственных помещениях, где используется Hg и ее соединения (производство гальванических элементов

[80]), часто применяют периодическую санацию, основанную на протирании полов и стен помещения, оборудования 20-% раствором хлорного железа с последующим через 5-6 часов смыванием хлорного железа мыльной водой. Данные авторов цитируемой работы свидетельствуют о том, что уже на 9-10 день после проведения демеркуризации концентрация Hg в воздухе помещений превышала уровень ПДК, т. е. в условиях данного производства необходима практически еженедельная обработка.

Японскими исследователями в качестве сухого поглотителя Hg предложено использовать таблетку, спрессованную из смеси Cu(J+), SiO_2 и $CaCO_4$, взятых в массовом отношении 1:1:1 [303]. Они отмечают, что таблетки легче и проще в приготовлении, чем поглотительный раствор $KMnO_4+H_2SO_4$. Для очистки поверхностей промышленных помещений (настила пола, стен, потолка и пр.), подвергавшихся нагрузке Hg, и предупреждения перехода поллютанта в воздушную среду немецкие специалисты рекомендуют такие мероприятия, как удаление верхних слоев настила пола, обработку пола, стен и потолка растворами, содержащими серу, добавление серы в красители, клеи и другие материалы, используемые для перекрытия внутренних поверхностей помещений [305].

Проблема загрязнения ртутью жилых и общественных зданий является достаточно актуальной практически для любого промышленного города. Например, исследования, выполненные в Санкт-Петербурге, показали, что пары Hg, превышающие ПДК, фиксировались в воздухе 50% школ и 30% детских дошкольных учреждений. Аналогичная ситуация наблюдалась в ряде медицинских учреждений [81].

Представляется необходимым создание в городах и регионах специализированных демеркуризационных предприятий (служб), которые могли бы входить в структуры гражданской обороны и/или в состав существующих центров по переработке и утилизации ртутьсодержащих изделий.

12. Проблемы рационального использования электроэнергии

За период 1950-1987 гг. мировое потребление энергии выросло на 300% и, если не произойдут большие изменения в характере потребления, увеличится к 2007 г. еще на 50%. По прогнозам Всемирной энергетической конференции 1989 г., дальнейший рост численности населения и промышленного производства может привести к увеличению спроса на энергию к 2020 г. на 75% [98]. Среди источников энергии преобладают нефть (38%), уголь (28%), природный газ (22%); на долю ядерной и гид-

равлической энергии приходится по 6% [255]. Использование нетрадиционных источников энергии невелико.

Электроэнергия - одна из наиболее доступных и распространенных форм энергии. Например, в 1990 г. в странах ЕС доля электроэнергии в топливно-энергетическом балансе составляла ~ 31%. Потребление электроэнергии увеличивается более быстрыми темпами, чем потребление других видов энергии. При этом, во-первых, количество электроэнергии, которое может быть реально передано потребителям для использования, составляет, как правило, не более 30% той энергии, которая потребляется для генерирования электроэнергии, что является результатом принципиальной неэффективности преобразования любой формы энергии в электрическую, следствием второго закона термодинамики. Во-вторых, получение электроэнергии связано с загрязнением окружающей среды. Ее производство дает значительную долю мировых выбросов трех основных поллютантов воздуха - твердых веществ (12,8%), оксидов серы (51,5%) и оксидов азота(28,7%)-[148]. В-третьих, данная форма энергии получается за счет использования нескольких видов топлива, а ее производство и доставка обходится дорого, это вообще самый дорогой вид энергии.

В настоящее время важнейшей проблемой стали глобальные по масштабам проявления макрозагрязнения: 1) выброс токсичных веществ в окружающую среду; 2) повышение кислотности природных вод; 3) разрушение озонового слоя из-за загрязнения верхних слоев атмосферы хлорфторуглеводородами; 4) парниковый эффект из-за поступления парниковых газов [83]. Основным негативным последствием роста количества используемой человечеством энергии является физическое и химическое загрязнение окружающей среды, вызывающее изменения энергетического баланса и экологической обстановки во многих регионах мира. Решить эту проблему можно только усилиями всего мирового сообщества. Здесь есть три стратегических пути: 1) сокращение выбросов диоксида углерода и других поллютантов, т. е. уменьшение использования ископаемых видов топлива; 2) восстановление лесов, особенно в тропиках; 3) экономия и повышение эффективности использования энергоресурсов.

В обзоре Международного энергетического агентства отмечается, что потребление энергии в развивающихся странах равно потреблению в развитых странах (МЭА, Париж, ноябрь 1992 г.), тогда как уровень жизни в последних намного выше. Причем имеется тенденция к увеличению разрыва между средними уровнями жизни в этих странах. Сложилась парадоксальная ситуация: три четверти населения планеты в развивающихся (слаборазвитых) странах, производя большую часть энергоносителей, способствуют чрезмерному росту материального благосостояния населе-

ния развитых стран и существенно меньшему росту в собственной стране. В то же время рост производства и потребления энергии в том виде, как он осуществляется сейчас, ведет к негативным экологическим последствиям и даже, как справедливо отмечает В.Хачатуров [205], сопровождается межрегиональными конфликтами. Эти процессы и явления одинаково опасны для всех стран и народов, для богатых и бедных.

Энергия представляет собой, по сути, комбинацию товаров и услуг, от сочетания которых зависят благосостояние людей, устойчивое развитие стран и способность глобальной экосистемы способствовать жизни на Земле [118]. Оптимальное решение энергетических проблем заключается прежде всего в повышении энергоэффективности и сокращении бесполезных расходов и потерь энергии [103]. Экономия энергии и сокращение ее потерь позволяют продлить срок использования невозобновимого ископаемого топлива, увеличивают время перехода к неисчерпаемым и возобновимым энергетическим ресурсам и уменьшают зависимость от импортной нефти. Экономное энергопотребление способствует более стабильному положению в мире, повышает национальную и глобальную безопасность за счет уменьшения зависимости от импорта нефти и потребности в военной интервенции для защиты нефтяных месторождений. Экономия энергии создает новые рабочие места и дает больший экономический рост на единицу энергии, чем другие альтернативы развития энергетики. Например, есть сведения, что каждая новая большая электростанция в конечном счете приводит к потере 4000 рабочих мест.

Примерно треть электричества, вырабатываемого в развитых странах, используется в домашних бытовых приборах (в первую очередь, на освещение). Промышленность потребляет почти половину электричества, вырабатываемого в мире. Использование уже имеющихся на рынке технологий экономии электричества позволило бы сберечь 75% электроэнергии, потребляемой двигателями, лампами, бытовыми приборами, промышленными установками, имеющими низкий кпд. Использование этих технологий будет равно производству электричества на 250 крупных электростанциях и сократит, например, годовые расходы США на 100 млрд. долл. Согласно оценкам, до 50% электроэнергии, ежегодно расходуемой на освещение в США, может быть сбережено за счет использования энергоэкономичных ламп и электронных устройств (БИКИ, 1985, № 57). Повышение эффективности использования энергии означает производство тех же самых энергетических услуг, но с гораздо меньшими затратами. Оно обеспечивает такой же или более высокий уровень жизни, как правило, с меньшими издержками, и не только за счет удешевления самой энергии. Снижается уровень загрязнения, уменьшается потреб-

ность в домашних электроприборах, устраняются причины конфликтов из-за размещения производственных мощностей. Во многих странах это приведет к сокращению внешнего долга и военных расходов.

Один из путей решения этой проблемы, имеющий перспективный характер, заключается в переориентации энергетики, основанной в настоящее время на использовании энергоресурсов, которые обусловливают физическое (тепловое) и химическое загрязнение (уголь, нефть, газ и др.), на экологически чистые альтернативные источники энергии (прежде всего, энергии Солнца). Другим путем может быть разработка технологий использования традиционных видов энергоресурсов, направленных на создание малоотходных энергетических систем, в которых полностью утилизируется не улавливающееся ранее тепло. В большинстве случаев экологические эффекты энергосбережения могут быть достигнуты очень быстро, причем только за счет электричества. Это связано с тем, что данная форма энергии, как отмечено выше, получается при использовании нескольких видов топлива, а ее производство и доставка обходится очень дорого. Таким образом, ее экономия приносит наибольший выигрыш - как экономический, так и экологический, хотя в настоящее время почти все усилия официальных и частных структур направлены на экономию прямого расхода нефти и газа. Эффект экономии электроэнергии особенно должен проявляться в таких странах, как б. СССР, где для ее получения все еще широко используется уголь низкого качества, а значительная часть теряется при передаче на большие расстояния до пунктов конечного использования, которое, в свою очередь, далеко от совершенства.

Мероприятия по росту эффективности использования энергии должны охватывать все источники ее потребления, однако начинать, видимо, надо с осветительных и других электротехнических приборов и изделий. Причем основная доля экономии получается прежде всего за счет изменения технологий производства осветительных приборов Именно поэтому особое значение имеет совершенствование и “экологизации” продукции электротехнической промышленности, в первую очередь, внутренних источников потребления энергии (осветительной аппаратуры, электроприборов, бытового оборудования и т. п.), играющих первостепенную роль в эффективном использовании энергии. Важнейшее значение имеет снижение и полный отказ от использования при производстве электротехнической продукции токсичных элементов и соединений, что существенно снизит затраты (в том числе, энергозатраты) на обезвреживание и утилизацию вышедших из строя изделий.

Освещение, на которое, например, приходится до 20% производимой в США электроэнергии, что приблизительно соответствует мощно-

сти 100 крупных электростанций, открывает широкие возможности для достижения наиболее эффективной экономии [106]. Многие эксперты отмечают, что начало борьбы за рост эффективности энергопользования именно с освещения дает к тому же определенные психологические преимущества. Так, почти всегда (еще со времен Томаса Эдисона) свет символизировал электричество, а, например, в большинстве стран Лат. Америки эти два слова используются почти как синонимы. Сокращение на 3/4 уровня потребления электроэнергии на освещение в промышленно развитых странах при одновременном широком распространении энергоэффективного освещения в сельской местности развивающихся стран, где до этого никогда не было электричества, может стать подходящим выходом из создавшегося положения. Это может рассматриваться также в качестве эксперимента для официального энергетического планирования на основе наименьших затрат. Общая реакция на возрастающие экономические и экологические последствия зависимости от ископаемого топлива может быть частично выражена простым лозунгом: "Создадим более совершенные электролампы" [106]. Разработка новых типов ламп идет достаточно быстро. Но основные производители тем не менее не очень активно поставляют на рынок новые лампы, заявляя, что этот вид продукции не будет пользоваться спросом в связи с тем, что потребитель очень чувствительно реагирует на всякие новые, более дорогостоящие товары (большинство новых типов ламп значительно дороже традиционных).

Хорошо известно, что обычные лампы накаливания имеют чрезвычайно низкий кпд, их использование крайне неэффективно с точки зрения затрат энергии, они в значительной степени имеют большее право называться тепловыми, нежели осветительными приборами. Например, А. Розенфельд из Лаборатории Лоренса (США) считает, что 40 крупных американских электростанций можно было бы закрыть за ненадобностью, если бы в полной мере использовались доступные и эффективные технологии освещения помещений. В последние годы традиционные лампы накаливания постепенно вытесняются компактными флуоресцентными лампами дневного света со специальным покрытием, дающим "теплый свет". Одна такая 18-ваттная лампа дает то же количество света, как и 75-ваттная лампа накаливания, а срок ее службы в десять раз больше. Флуоресцентная лампа стоит дороже, однако стоимость сэкономленной ею энергии составляет обычно около 2 центов за 1 кВт.час. Эти лампы имеют экологические преимущества: за весь срок своей службы (10000 часов) компактная лампа дневного света экономит 180 кг угля и предотвращает выброс в атмосферу около тонны углекислого газа и 8 кг сернистого ангидрида из труб средней американской тепловой электростанции,

не говоря уже об окислах азота, тяжелых металлов и др. [40]. Использование таких ламп и других усовершенствованных осветительных приборов могло бы сберечь треть электроэнергии, вырабатываемой на работающих на угле электростанциях США, или ликвидировать потребность в электроэнергии, вырабатываемой на всех 111 АЭС страны.

Принимая во внимание организационные препятствия, стоящие на пути внедрения энергосберегающих технологий в развивающихся странах, многие сомневаются в реальности осуществления программ по экономии энергии в слаборазвитых странах. Тем не менее, например, компания "Southern California Edison Company" распространила 800 тыс. таких ламп среди беднейших из своих клиентов, справедливо полагая, что это выгоднее, чем решать возникающие проблемы с помощью перестроек в системе электростанций коммунального сектора [40]. А.Гаджил из Энергетического института Тата показал, что по данным обследования в Бомбее, электрическое освещение занимает 37% всех вечерних пиковых нагрузок в масштабах Индии - это 8 ГВт электроэнергии, что часто приводит к перегрузкам в сети электроснабжения и погружению во тьму многих населенных пунктов. Это, в свою очередь, ведет к дополнительным издержкам товаропроизводителей (остановки производства) и заставляет их вкладывать дополнительные средства в строительство резервных дизельных подстанций. Замена ламп на более эффективные полностью решает эту проблему. На Аляске это, например, привело к снижению пиковой нагрузки более чем в 7 раз [40]. В Мексике осуществляется финансируемый Фондом глобальной окружающей среды проект по установке в домах и учреждениях 1,5 млн. флуоресцентных ламп вместо обычных ламп накаливания, что позволит сократить выбросы CO_2 на 150 тыс. т. Это первый крупномасштабный проект по замене обычных ламп накаливания, который, как считается, должен способствовать появлению аналогичных проектов в других развивающихся странах, где на освещение часто приходится основная часть энергопотребления (Наша планета, 1995, 7, N 1). Компания "Эдисон" (США, Юж. Калифорния) выдала 450000 люминесцентных ламп малообеспеченным жителям Лос-Анджелеса. В 1987 г. в США Закон об экономии энергии в бытовых приборах ввел стандарты на минимальный кпд для 13 электроприборов, включая холодильники и кондиционеры воздуха. Этот Закон, в случае исполнения, в течение 20 лет позволит сэкономить энергию, эквивалентную энергии 1,5 млрд. баррелей нефти плюс выработке 40 крупных электростанций.

Американской компанией Intersource Technologies запатентован новый тип ламп, в которых вместо вольфрамовой нити накаливания при-

меняется фосфорное покрытие, дающее яркий свет при воздействии высокочастотных радиоволн на смесь газов внутри лампы. Эти лампы (Е-лампы) потребляют энергии по сравнению со стандартными в 4 раза меньше, а срок их службы больше в 20 раз. Новые лампы накаливания с покрытием внутренней стенки пудрой, содержащей редкоземельные элементы, позволяют почти в 4 раза увеличить светоотдачу, так как превращают в видимый свет ультрафиолетовое излучение [288]. В Финляндии разработаны эффективные и удобные лампы накаливания с Nd. Известны новые энергоэкономичные лампы фирмы “General Electric” с использованием сурьмы, европия, стронция мощностью 35 вт, которые имеют большую светоотдачу по сравнению с традиционными 40-ваттными лампами. Широко известны лампы “Криптон” этой фирмы, позволяющие сократить потребление электроэнергии на 20-30%. Фирма “Филипс” разработала новый тип ртутных электроламп, срок службы которых составляет 60 тыс. часов (Энергия, 1992, № 2). Это в 6 раз превышает аналогичный показатель лучших образцов люминесцентных ламп и в 60 раз - обычных ламп накаливания. Расчетный ежегодный экономический эффект при их использовании в целом по США оценивается в 700 млн. долл. (БИКИ, 1985, № 5, с. 5). Фирмой Вестингауз созданы люминесцентные лампы мощностью 27 вт для замены 60-75 вт ламп накаливания. По подсчетам специалистов этой фирмы, применение их позволяет снизить потребление энергии на 8%, что эквивалентно экономии 1000 т нефти в сутки. В Японии лампы с редкоземельными люминофорами, обладающие улучшенной цветопередачей, используются для освещения жилых помещений [8;157].

Революция в осветительной аппаратуре не ограничивается только появлением минифлуоресцентных и других энергоэкономичных ламп и не является единственным путем повышения эффективности осветительной аппаратуры. Большие перспективы имеются и уже достигнуты определенный успехи в усовершенствовании светильников и других электротехнических изделий. Так, в 1976 г. Министерство энергетики США совместно с лабораторией Лоренса Беркли начало программу по разработке новых балластных сопротивлений (устройства в арматуре ламп дневного света, регулирующие силу тока в трубке), повышающих эффективность ламп дневного света на 15-30%. В 1980 г. прототипы таких ламп, установленные в здании одного из федеральных учреждений, подтвердили, что они полностью отвечают всем требованиям надежности и производительности. Уже к 1990 г. такие сопротивления должны были занять половину рынка этих изделий. Американский Совет за энергетически эффективную экономику подсчитал, что 2 млн. балластных сопротивлений, находившихся в пользовании в 1987 г., сэкономили электроэнергию на

сумму 15 млн. долл. В предстоящие 30 лет новые модели ламп с балластными сопротивлениями сэкономят 25 млрд. долл. (государственные затраты на их разработку и внедрение составили всего 2,7 млрд. долл.) Появились 9-ваттовые настольные лампы, ежемесячное потребление электроэнергии которых оценивается всего лишь в десять центов.

Целый ряд новшеств, уже имеющихся на рынке, включая улучшенные системы регулирования, отражатели и т.п., а также модифицированные колбы и упомянутые балластные сопротивления, смогут снизить затраты энергии на освещение в производственных зданиях более чем на 75%. Совершенствуются и внедряются микроэлектронные датчики и реостаты для светильников и другого оборудования, приводящие в соответствие мощности электроприборов, измеряющие величину естественной освещенности помещения и определяющие наличие или отсутствие в комнатах людей. Считается, что использование таких изделий позволит значительно снизить потребление электроэнергии на освещение. Следует учитывать также тот факт, что любое новшество, повышающее эффективность освещения, снижает количество бесполезного тепла, вырабатываемого неэффективной осветительной аппаратурой, и тем самым позволяет получать экономию на кондиционировании воздуха. Калифорнийская энергетическая комиссия подсчитала, что в г.Фресно каждые 100 Вт сэкономленной на освещении энергии дают дополнительные 38 Вт энергии, сэкономленной на кондиционировании воздуха.

Многие эксперты считают, что закрепленные институциональные порядки и трудности на рынке новой осветительной аппаратуры увековечивают существующую систему экономически нерационального и экологически расточительного использования энергии. Отсюда особое значение имеет целенаправленная политика соответствующих реформ и оказания помощи для успешного продвижения на рынке новых технологий. В частности, для обеспечения покупателей исчерпывающей информацией может потребоваться введение энергетических тарифных разрядов для новых зданий по примеру существующих во многих странах разрядов автомобильных дорог. Разработка таких тарифных разрядов может оказаться технически затруднительной, однако первый опыт показывает, что это вполне осуществимо. Специальное целевое финансирование мероприятий по экономии энергии поможет преодолеть болезненное восприятие потребителем высоких начальных затрат. Расхождение интересов домовладельцев и арендаторов требует более гибкого подхода со стороны разработчиков энергетической политики. Нужна, как отмечает Б.Небел [119], новая энергетическая политика в области коммунальных услуг. Необходима также реформа строительной индустрии для того, чтобы во-

просы максимальной энергоэкономичности зданий и сооружений учитывались уже в начальной стадии строительства. Это является решающим моментом в вопросах повышения эффективности энергетики, так как практика строительства показывает, что именно в этой сфере на целое столетие вырабатывается модель энергопотребления, а электростанции и буровые скважины функционируют в два раза меньше. При современной технологии США, например, могли бы сберечь от 40 до 60% энергии, используемой в уже существующих зданиях, и от 70 до 90% в зданиях, которые будут строиться.

Особое значение имеет развитие и широкое внедрение экономичных и экологически безопасных (рециркулируемых) первичных и вторичных химических источников тока для бытового и промышленного оборудования. Использование в бытовых приборах и изделиях, например, литиевых батарей позволит эффективно использовать электрическую энергию. Актуальной является проблема увеличения пропускной способности ЛЭП и кабельных линий и передачи электроэнергии на большие расстояния. Это обусловливает необходимость совершенствования кабельно-проводниковой продукции и широкого внедрения проводов и кабелей, у которых в рабочих режимах потери в токопроводящих жилах минимальны или практически равны нулю.

В нашей стране только в промышленности и сельском хозяйстве, в общественных и жилых зданиях и на улицах городов установлено более 1,5 млрд. световых точек суммарной мощностью около 150 млн. кВт. На освещение ежегодно расходуется свыше 220 млрд. кВт.ч электроэнергии, т. е. примерно 13% вырабатываемой в стране электроэнергии (по данным на 1987 г.). На производстве светотехнических изделий, в сфере проектирования, монтажа и эксплуатации осветительных установок трудится более 250 тыс. человек. Осветительные установки промышленных предприятий страны потребляют около 50% электроэнергии, расходуемой на искусственное освещение, или около 10% электроэнергии, потребляемой предприятиями. Установленная мощность освещения на промышленных предприятиях в 1990 г. равнялась 85-90 млн. кВт, а число установленных осветительных приборов - 800 млн. штук. На монтаж промышленных осветительных установок затрачивается не менее 20% средств, расходуемых на монтаж всех электрических установок в народном хозяйстве.

В 1990 г. потребление электроэнергии в СССР распределялось следующем образом: промышленность - 52,9%, бытовые потребители - 18%, расходы на передачу и собственные нужды - 13,2, сельское хозяйство - 7,8, транспорт - 8,1%, что уже заметно отличалось от структуры потребления в 1987 г. (табл. 98).

Таблица 97. Энергобаланс народного хозяйства быв. СССР, % [114]

Год	Производство электроэнергии, млрд. кВт/час	Потребление электроэнергии					Экспорт
		Промышленность	Сельское хозяйство	Транспорт	Прочие	Потери в сети общего пользования	
1940	48,6	71,6	1,03	5,35	14,82	7,2	-
1970	740,9	65,92	5,21	7,34	12,96	7,87	0,70
1980	1293,9	59,73	8,57	7,95	14,01	8,26	1,48
1987	1664,9	57,49	9,63	7,89	14,39	8,53	2,08

За прошедшие несколько лет во многих промышленных центрах России баланс энергопотребления еще более изменился. Например, в Московском регионе при резком сокращении (более 55,3% к уровню 1991 г.) потребления электроэнергии промышленностью почти на 10% увеличился спрос в непромышленном секторе за счет увеличения числа коммерческих структур, торговых организаций, световой рекламы, уличного освещения [161]. Более значительный прирост энергопотребления произошел в бытовом секторе - 36,6%. Причиной стал не только ввод новых жилых массивов столицы, но и, видимо, в большей степени увеличение количества бытовых электроприборов. Так, с 1991 г. расход электроэнергии населением возрос на 41% (если в 1991 г. энергопотребление на душу населения оценивалось в 541 кВт.ч, то в 1996 г. - 763 кВт.ч), причем общее число жителей Москвы и области снизилось на 3%. В настоящее время доля энергозатрат в себестоимости продукции, работ и услуг в России неоправданно высока и в среднем в промышленности составляет 18%, на транспорте - 17%, в сельском хозяйстве - 11,4%, достигая в некоторых энергоемких производствах 40-60% (что от трех до десяти раз выше мирового уровня). В 1997 г. по отношению, например, к 1990 г. доля затрат на энергоресурсы в структуре себестоимости промышленной продукции выросла в 1,5 раза [213]. Не всегда разумны и существующие льготы в оплате пользования электроэнергией. В частности, более рациональным представляется выдача малоимущим слоям населения энергоэкономичных ламп, нежели предоставление “прямых” льгот, основанных на заниженных тарифах и т. п.

Тем не менее в стране предпринимаются определенные действия в области экономии и более эффективного использования энергии. В конце 1997 г. Правительством РФ был утвержден проект федеральной целевой программы “Энергосбережение России”, разработанной на срок с 1998 по 2005 год. На каждый вложенный в программу энергосбережения рубль затрат ожидается прибыль в 2,6-3 рубля при сроке окупаемости инвестиционных энергосберегающих проектов в 1,5-2 года. Предполагается так-

же, что реализация программы позволит предотвратить выбросы в атмосферу вредных веществ в объеме 3-3,2 млн. т в год (к 2000 году - 1,3), соответственно затраты на проведение природоохранных мероприятий снизятся на 4,2-4,7 млрд. руб. (цены 1997 г.). На первом этапе в 1998-2000 гг. экономия энергоресурсов составит 53-69 млн. т у. т. В этот период намечено обеспечить потребителей приборами учета и регулирования расхода энергоресурсов. Этому будет способствовать и реализация инвестиционной программы внедрения новых энергосберегающих технологий, производства энергетически эффективных оборудования, конструкций и материалов. Для оценки эффективности энергопотребления и создания механизмов стимулирования энергосбережения в составе госстандартов будет разработана система показателей. В результате ожидается сокращение потребности в топливе и энергии, что позволит снизить энергоемкость ВВП к концу первого периода на 5,3%, к концу 2005 г. - на 13,4%. Это будет также способствовать росту национального дохода в 2000 г. на 4-5%, к 2008 г. - на 7-8%. Оценка потенциала энергосбережения свидетельствует о возможностях к 2010 г. российской экономики за счет эффективности использования энергоресурсов сократить их потребности в размере 350-460 млн. т у. т.

В соответствии с проектом “Российский свет” саранское АО “Лисма” расширяет номенклатуру выпуска экономичных источников света и реконструирует ряд производств (Известия, 28.01.1998). В г. Новгороде на заводе "Гаро" подготовлена к внедрению технология производства металлических лент из аморфных магнитоемких сплавов, представляющих собой уникальный продукт толщиной до 40 мкм, не имеющих кристаллической решетки и обладающих особыми электрофизическими свойствами. Использование этого материала позволяет в несколько раз уменьшить объем трансформатора. При этом чем выше частота тока, тем ниже сопротивление и соответственно меньше потерь. Это будущее высокочастотной и спутниковой связи, компьютерных технологий и т. п.(Финансовые известия, 10.04.1997). В 1996 г. создана Ассоциация малой и нетрадиционной энергетики регионов России. Среди предприятий-учредителей более 20 российских производителей газотурбинного и паротурбинного оборудования, ветроустановок и малых ГЭС. Как известно, в западных странах на долю малой энергетики приходится 10% производства электроэнергии, тогда как в России всего лишь 0,5%. Поскольку во многих случаях намного дешевле построить автономную небольшую электростанцию, то чрезвычайно актуальным является выпуск электростанций мощностью от 1 до 30 мВт. Существующие дизельные установки старого образца, используемые на севере и северо-востоке страны, где

нет централизованного энергоснабжения, обладают невысоким кпд (30-35%). Использование современных технологий позволит повысить его до 45%, что означает заметную экономию топлива и ощутимый экологический эффект, причем с использованием утилизированного тепла для отопления общий кпд новой установки может достигать 90% (Финансовые известия, 20.02.1996). Определенные усилия прилагаются в области развития экомобилей в России. Так, инновационно-внедренческий центр "Менеджер-1" разработал концепцию внедрения электромобилей на российский рынок [129]. Из крупных российских предприятий разработкой "электрически" машин занимается сегодня только "АвтоВАЗ". Он конвертировал модель "ВАЗ-1111" ("Ока") для работы на электричестве, которая, к сожалению, вряд ли станет массовой, т.к. запас хода у этой модели при городской эксплуатации лишь около 100 км (65% нормативного цикла). В США, например, с 1998 г. вступает в действие калифорнийский закон, предусматривающий обязательный выпуск национальными производителями не менее двух процентов автомобилей с "нулевым выхлопом" с прогрессивным ростом продаж каждый последующий год. В рамках программы Агентства международного развития США (ЮСАИД) фирма “Дженерал электрик” осуществила установку в центре Москвы светильников с натриевыми лампами, обладающих в 1,5-2 раза более высокой светоотдачей, чем традиционные ртутные лампы. Около 10 тыс. натриевых ламп “Люкалос”, срок службы которых 6 лет, использовано для освещения Московской кольцевой автодороги. Необходимо отметить, что Россия стала местом сбыта некачественных товаров и подделок, поставляемых из-за рубежа. Например, по данным Департамента госинспекции по торговле, качеству товаров и защите прав потребителей РФ, в 1996 и 1997 гг. из поступившей в страну различной электроосветительной бытовой арматуры было забраковано (в % от проверенного количества товаров) 53% и 47,6% соответственно (АИФ, 1998, № 11).

В 1995 г. было принято постановление Правительства РФ “О неотложных мерах по энергосбережению” (№ 1087 от 02.11.95 г.). Разработаны и утверждены Министерством топлива и энергетики РФ и Министерством строительства РФ и зарегистрированы в Министерстве юстиции РФ (№ 1182 от 24.10.96 г.) “Правила учета электрической энергии” [138], которые содержат основные положения по учету электроэнергии при ее производстве, передаче, распределении и потреблении на действующих, вновь сооружаемых и реконструируемых электроустановках, а также по эксплуатации средств учета. Одной из важнейших задач учета электроэнергии является обеспечение энергосбережения и управления электропотреблением. Государственной Думой РФ принят ряд законов, имеющих

отношение к производству и потреблению электрической и тепловой энергии. Среди них закон Российской Федерации “О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации” (от 10 марта 1995 г.) и закон Российской Федерации “Об энергосбережении” (от 13 марта 1996 г.). Закон РФ “Об энергосбережении” регулирует отношения, возникающие в процессе деятельности в области энергосбережения, в целях создания экономических и организационных условий для эффективного использования энергетических ресурсов. Под энергосбережением понимается реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Эффективное использование энергетических ресурсов трактуется как достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и *соблюдении требований к охране окружающей природной среды* (выделено мною - Е.Я.). В Законе также определены основные принципы энергосберегающей политики государства, основные принципы управления и учета в области энергосбережения, экономические и финансовые механизмы в области энергосбережения, особое внимание уделяется пропаганде эффективного использования энергетических ресурсов. Отдельные вопросы энергосбережения, рационального использования энергоресурсов и защиты окружающей среды от загрязнения в связи с получением и использованием энергии затрагиваются в ряде других законодательных и нормативных правовых актах [221]. Есть сообщения о том, что Московская городская дума в ближайшее время примет закон “Об энергосбережении”, в основу которого будут положены нормативно-правовые акты, установленные Европейским союзом в этой области.

В России, безусловно, имеется возможностей для рационального и эффективного использования энергии. В первую очередь, видимо, необходима разработка долгосрочного государственного энергетического плана. Необходимы усилия и расходы правительства по экономии энергии и использованию возобновимых источников энергии. В каждом регионе, городе, на каждом предприятии и в каждой организации необходима разработка индивидуального плана экономии энергии. Нужна новая энергетическая стратегия, в которой особое значение должно придаваться развитию энергосберегающей электротехнике.

Заключение

Освоение и использование энергетических ресурсов, производство и потребление энергии предполагает широкий спектр мероприятий и представляет собой сложнейшую цепь - от разработки месторождений энергоресурсов до непосредственного использования энергии потребителями. Любое звено этой цепи в той или иной степени, с одной стороны, имеет свою собственную экологическую значимость, в конкретном случае проявляющейся по особому, с другой стороны, каждое звено отличается и имеет свои возможности для рационального использования и экономии энергии и снижения нежелательных воздействий на окружающую среду. Электротехническая промышленность занимает особое место в указанной цепи, поскольку ее продукция во многом определяет эффективность и безопасность производства, передачи, преобразования, распределения и потребления электроэнергии. Экологическая значимость, особенности и последствия воздействия электротехнического производства на среду обитания изучены с разной степенью детальности. Тем не менее обобщение имеющихся данных показывает, что деятельность всех электротехнических заводов сопровождается загрязнением среды обитания токсичными поллютантами, образованием опасных отходов и необходимостью утилизации вышедшие из строя продукции (изделий, приборов и т. п.). Каждый тип производства характеризуется своими особенностями воздействия на окружающую среду, население, и рабочих.

В общем случае важнейшей особенностью электротехнических предприятий является присутствие в их выбросах, стоках и отходах значительных количеств тяжелых металлов (Hg, Cd, Pb, Zn, Mo, W, Cu, Sb, Ag, Sn, Mn и др.), органических соединений, неорганических кислот, фтора, мышьяка, оксидов углерода и азота и других поллютантов. В выбросах и отходах заводов обнаружены вещества, обладающие канцерогенными свойствами (бенз-а-пирен, сажа, винилхлорид, соединения Cd, As, Be, Ni, Cr, формальдегид, ПХБ и др.). Есть сведения об образовании на предприятиях небольших объемов радиоактивных отходов. Электротехнические заводы характеризуются наличием вредных для человека производственных факторов, процессов, веществ, что является причиной профессиональных интоксикаций и повышенной заболеваемости рабочих и даже членов их семей. Например, в Саранске наиболее высокие уровни профессиональной заболеваемости и наибольшее число заболевших злокачественными новообразованиями характерны именно для электротехнических предприятий. Значительную часть работников вредных производств составляют женщины. Дети, родившиеся, например, у работниц

производства разрядных (ртутных) ламп, отличаются замедленным развитием и повышенной заболеваемостью.

В зонах влияния электротехнических заводов в различных компонентах среды обитания (воздухе, почвах, растительности, водах, донных отложениях, жилых и общественных помещениях) фиксируются контрастные аномалии тяжелых металлов, микроэлементов, органических веществ. Зоны загрязнения (техногенные геохимические аномалии) в площадном отношении характеризуются значительными размерами и концентрациями поллютантов, во многих случаях превышающими гигиенические нормативы. Присутствие в среде обитания вредных веществ, особенно тяжелых металлов, обусловливает их поступление в организм людей. У детей, проживающих в зонах загрязнения, установлена повышенная заболеваемость пиелонефритом, циститом, болезнями крови, эндокринной и мочевыделительной систем. Важным источником поступления тяжелых металлов (Pb, Hg и других) в жилые помещения является их перенос рабочими на одежде, обуви, открытых частях тела. Это обусловливает более высокие уровни поллютантов в организме детей, родители которых работают на электротехнических заводах.

Широко используемые в технологических процессах электротехнического производства тяжелые металлы, редкие элементы, органические и неорганические и соединения, входят в состав конечной продукции и поступают в отходы производства. Присутствие этих компонентов в отходах производства и в вышедших из строя электротехнических изделиях (отходах потребления) в конечном счете загрязняет среду обитания и усложняет процесс очистки и утилизации объемных городских отходов. С электротехническими изделиями и отходами ежегодно теряются десятки и сотни тонн ценных компонентов и материалов.

Крупный аккумуляторный завод поставляет в атмосферу до нескольких сотен тонн различных поллютантов в год. Объемы отводимых сточных вод достигают 800-1000 тыс. $м^3$/год. Пыль, образующаяся при технологических процессах, отличается очень высокими концентрациями Sb, Ag, Bi, Pb, Cd, Sn, Ni, As и других элементов. В сточных водах обнаружены значительные количества взвешенных веществ, кислот, щелочей, Fe, Cd, Pb, Ni, Zn, Sb. Твердые отходы характеризуются присутствием Pb, Cd, Sb, Zn, Ni, полимеров и др. Выбросы Pb в атмосферу и сбросы его в водные системы аккумуляторными заводами России достигают нескольких десятков тонн в год. Сотни тысяч тонн металла находятся в отработавших свой срок аккумуляторах и при существующем положении с их утилизацией эта величина будет ежегодно возрастать на 50-60 тыс. тонн.

На аккумуляторных заводах фиксируется чрезвычайно высокий уровень загрязнения производственных помещений Pb, Cd, Ni, Sb, парами и аэрозолями серной кислоты, что обусловливает повышенный риск возникновения профессиональных отравлений и заболеваний. В России именно для этого производства характерны наиболее высокие уровни Pb в воздухе рабочих помещений, в большинстве случаев многократно превышающие ПДК. У работников заводов наблюдаются критическое накопление поллютантов в организме и различные нарушения здоровья. Использование средств индивидуальной защиты при существующих технологиях и организации труда не всегда приводит к желаемым результатам. Аккумуляторная промышленность России является ведущей по числу случаев возникновения сатурнизма, причем удельный вес свинцовой интоксикации в структуре профессиональных заболеваний постоянно увеличивается. Среди пострадавших от воздействия Pв ~ 40% составляют женщины. Смертность среди рабочих аккумуляторных заводов от сердечно-сосудистых заболеваний в несколько раз выше, чем среди других жителей города.

В окрестностях аккумуляторных заводов в различных компонентах окружающей среды фиксируются повышенные содержания многих поллютантов. Зона влияния завода в условиях города прослеживается на расстояние до 2-5 км (воздух, почва, снеговой покров) и до 20-25 км (поверхностные водотоки). Наиболее интенсивно среда обитания загрязняется Pb, Ni, Cd, Sb, в меньшей степени W, Mo, Ag, Zn, Cu, Be, Sn. Уровни содержания Pb, Ni, Cd в атмосферном воздухе в окрестностях заводов стабильно превышают ПДК. В биосубстратах населения и особенно детей, проживающих в зонах влияния производств (до 2-3 км), установлены высокие уровни Pb, Cd, других металлов, содержания которых могут превышать физиологический и даже критический уровни. Исследования, выполненные в России, показывают, что отклонения психоневрологического статуса от возрастной нормы наиболее выражены у детей, проживающих вблизи аккумуляторных заводов. У них фиксировались также функциональные изменения сердечно-сосудистой системы.

Воздействие заводов по производству бытовых химических источников тока проявляется в поставке в среду обитания Hg, Zn, Cd, Ag, Mn, As, кислот, щелочей, некоторых органических соединений. В промышленных странах загрязнение городских отходов Hg и Cd связано главным образом (на 80%) с отработанными бытовыми батареями и аккумуляторами. Производство гальванических элементов с использованием Hg, является источником повышенной гигиенической опасности, что подтвер-

ждается данными по ее концентрированию в организме людей и заболеваниям, фиксируемых у работников предприятий.

Специфическая особенность кабельного производства проявляется в присутствие в выбросах высоких концентраций тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Sb, Sn, Zn, Ba, Bi, Ag, W, Mo, Hg), редких элементов (As, Te), пыли полимеров, органических соединений (фталаты, хлорбензол, хлорводород, различные растворители, углеводороды и др.), паров и аэрозолей неорганических кислот и лакокрасочных материалов. В сточных водах в повышенных количествах обнаружены Fe, Pb, Cu, Zn, Al, нефтепродукты, органические соединения, цианиды и др. В выбросах и отходах кабельного производства есть вещества, обладающие канцерогенными свойствами (бенз-а-пирен, винилхлорид, формальдегид, соединения Cd, As, Cr, ПХБ). Предприятия этой отрасли характеризуются наличием вредных производственных процессов и постоянным присутствием в воздухе рабочих помещений токсичных поллютантов. В зонах влияния кабельных заводов в объектах среды обитания фиксируются относительно контрастные техногенные геохимические аномалии. Наиболее интенсивно в почвах и растениях накапливаются Cu, Pb, Sn, Zn, Cd, содержания которых значительно превышают фоновые уровни. В атмосферном воздухе обнаруживаются органические соединения. Не исключено загрязнение среды обитания диоксинами. Существующие данные позволяют предположить, что зоны наиболее опасного воздействия кабельного производства достаточно локализованы и влияние заводов прослеживается, как правило, на расстояния до 0,5-1 км.

Использование для изоляции и защиты кабелей и проводов различных синтетических покрытий (ПВХ, полиэтилен, фторопласты, резины, смолы, лаки, эмали, краски, мастики и др.) создает серьезные эколого-гигиенические проблемы как при производстве этих изделий, так и при производстве и использовании кабельной продукции. Указанные материалы являются источниками загрязнения производственной и окружающей среды пылью полимеров, ПХБ, нафталином, фтористым водородом, винилхлоридом, гексахлорбензолом, эфирами фталевой и фосфорной кислот, металлами (Pb, Sn, Ba, Cd и др.) и другими веществами. При сжигании и при пожарах изоляционные и защитные материалы выделяют в атмосферный воздух хлористый водород, бромистый водород, цианистый водород, сероводород, соединения серы, азота и углерода, диоксины, тяжелые металлы, углеводороды, фталаты. При деградации в условиях окружающей среды полихлорированные бифенилы и нафталин способны генерировать диоксины, бензофураны и родственные им соединения.

Светотехнические заводы поставляют в окружающую среду широкий спектр органических и неорганических поллютантов, что обусловлено использованием в технологических процессах разнообразного сырья, многих материалов и изделий, а также наличием в составе предприятий гальванических, окрасочных, стекольных, технохимических, пластмассовых, литейных производств. Крупный светотехнический завод ежегодно выбрасывает в окружающую среду до 500-900 т вредных веществ (в том числе до 70-200 т пыли); объемы отводимых сточных вод составляют 1500-1700 тыс. $м^3$/год; на локальных очистных сооружениях образуется до 300-3100 т шлама. Выбросы заводов обогащены тяжелыми металлами и органическими соединениями (особенно растворителями). В сточных водах содержатся кислоты, щелочи, Fe, Cr, Mo, Hg, W, Cu, F, Na и другие вредные вещества.

В окрестностях заводов по производству источников света в различных компонентах окружающей среды фиксируются контрастные аномалии Pb, Hg, Ag, Cd, Zn, Ba, W, Sn, Sr, Ni, Mo, Se, Sb, F и других химических элементов и соединений. Территории предприятий обычно характеризуются сильным и максимальным уровнями загрязнения почв и снегового покрова. Зона влияния охватывает площади в несколько квадратных километров, в пределах которых концентрации поллютантов превышают гигиенические нормативы. Как правило, масштабы загрязнения среды обитания Hg, обусловленные производственными процессами, менее значительны, нежели некоторыми другими поллютантами. В то же время, любое предприятие, использующее Hg в своем технологическом цикле, является источником повышенной гигиенической и экологической опасности, что подтверждается данными по концентрированию этого металла в биосубстратах городских жителей. Очень часто ртутное загрязнения формируется за счет неоправданных механических потерь металла, в том числе с конечной продукцией. В организме детей, проживающих в зонах влияния электроламповых заводов, отмечались также повышенные концентрации Ni, Zn, Pb, Cu, Cd. Специфическое и чрезвычайно интенсивное загрязнение окружающей среды может быть обусловлено воздействием сопутствующих электроламповым заводам производств, таких, например, как стекольное (Pb, B), литейное (черные металлы, F), травление стекла (F, HF) и др.

Воздействие заводов, производящих светотехническое оборудование, фиксируется повышенными содержаниями в окружающей среде Pb, Ag, Zn, Sn, Bi, W, Hg, Mo, Cd, Cu, Ni, V, Cr, редкоземельных элементов. Использование различных растворителей, кабельных, лакокрасочных и изоляционных материалов, а также существующие на заводах пластмас-

совые и окрасочные цеха обусловливают поступление в среду обитания органических поллютантов, кислот, аэрозолей красок. Как правило, зоны наиболее интенсивного загрязнения ограничены территориями предприятий и ближайшими жилыми районами.

В окрестностях заводов электротехнического машиностроения, производства электрооборудования и аппаратуры формируются зоны с опасным и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения окружающей среды W, Mo, Sn, Be, Ti, Zn, Cu, Pb, Cd, Sb, при этом техногенное влияние прослеживается до 2-4 км от предприятий и захватывает жилые районы. В сточных водах заводов присутствуют тяжелые металлы, цианиды, кислоты, соединения азота и фосфора, нефтепродукты, органические соединения, ПАВ. С экологических позиций особое значение имеют производство и использование трансформаторов и конденсаторов, в которых в качестве изолирующей среды использовались (и, видимо, продолжают использоваться) вещества на основе полихлорированных бифенилов, хлорнафталина и других синтетических соединений.

Предприятия полупроводниковой промышленности отличаются повышенными содержаниями в пылевых выбросах Cd, Mo, Cu, Pb, Co, Ni, Ag, Se, As, P. В сточных водах и шламах в значительных количествах присутствуют Mo, Cd, Bi, Sn, Ag, Cu, Zn, F, органические соединения. Ежегодно со стоками и шламами крупного завода по производству полупроводниковых приборов в окружающую среду поставляются до 15-10 т различных тяжелых металлов. Наиболее опасными процессами являются изготовление селеновых выпрямителей, фосфорная диффузия, гальваника, использование мышьяковистого водорода. В свое время на заводах данной отрасли производились газоразрядные приборы с ртутным катодом. В окрестностях предприятий могут существовать зоны “остаточного” загрязнения ртутью, что требует проведения специальных исследований и, возможно, демеркуризационных мероприятий.

Электротехнические заводы потребляют значительные количества разнообразных органических веществ, большая часть которых являются ксенобиотиками и отличаются высокой степенью опасности для живых организмов и биосферы в целом. Многие их них присутствуют в составе материалов, используемых в технологических процессах. Особенно велико потребление органических веществ в виде (в составе) диэлектриков, растворителей и обезжиривателей (ксилол, толуол, спирты, кетоны, перхлорэтилены, ацетаты, бензины, керосин и др.), синтетических и нефтяных изоляционных масел, органических лаков, красок, пластиков, синтетических смол и восков, битумных лаков и материалов на их основе, синтетических бумаг, химических волокон, изоляционных материалов и др.

Наиболее актуальной представляется проблема загрязнения среды обитания (производственной, жилой, природной) в связи с использованием и эмиссией различных растворителей, лакокрасочных материалов и особенно полихлорированных бифенилов, которые являются одними из основных источников образования дибензо-*n*-диоксинов и дибензофуранов. В результате эмиссии органических растворителей и использования лакокрасочных материалов в окрестностях электротехнических заводов в различных компонентах окружающей среды могут формироваться интенсивные зоны загрязнения. ПХБ и родственные им соединения, диоксины и бензофураны в настоящее являются глобальными поллютантами биосферы и встречаются практически во всех ее компонентах. Проблема загрязнения среды обитания ПХБ и их производными представляется чрезвычайно актуальной для России. Пример г.Серпухова показывает, что в окрестностях российских заводов, производящих (производивших) или использующих (использовавших) ПХБ и родственные им соединения, также может существовать напряженная экологическая ситуация. Особую опасность представляют вторичные источники поступления ПХБ в среду обитания (особенно высоковольтные трансформаторы и крупные конденсаторы), а также сжигание бытовых и промышленных отходов на необорудованных свалках, что сопровождается интенсивным загрязнением окружающей среды диоксинами и родственными им соединениями.

Мировая эмиссия Hg в окружающую среду с отработанными разрядными лампами оценивается в 100-120 т/год. Предварительные расчеты показывают, что с люминесцентными лампами (с учетом потерь металла при их производстве, транспортировке и т. п.) в окружающую среду России ежегодно поступает порядка 12-15 т Hg, в СНГ около 18 т. Общая эмиссия Hg в окружающую среду с бытовыми химическими источниками тока, производимыми на заводах России, составляет не менее 50 т в год; примерно такое ее количество, вероятно, поступает с импортируемыми в России батарейками. С вышедшими из строя разрядными лампами, лампами накаливания, светотехническим оборудованием, аккумуляторами, бытовыми ХИТ, кабельной продукцией в среду обитания поступают также Sb, Pb, W, Y, Al, Cu, Ni, Zn, Sn, Be, пластики, люминофоры, изоляционные материалы, стекло, керамика, “потери” которых составляют тонны и десятки тонн ежегодно.

При использовании в электротехнической промышленности силикатов наиболее серьезные гигиенические и экологические проблемы могут быть связаны главным образом с асбестовым волокном, в том числе, в бытовых условиях. В отношении других силикатов соблюдение стандартных мер профилактики и индивидуальной защиты, видимо, позволяет

резко снизить их потенциальное воздействие на человека. Тем не менее рост объемов применения различных природных и искусственных силикатов на электротехнических заводах приводит к увеличению числа лиц, контактирующих с этими материалами, что обусловливает необходимость соблюдения соответствующих санитарно-гигиенических правил и требований. Особую опасность представляет пыль, образующаяся при использовании керамических материалов в производстве электротехнических изделий и обогащенная токсичными элементами.

Бесконтрольное возрастание плотности электромагнитных излучений является фактором, способным оказать негативное воздействие на состояние здоровья и структуру заболеваемости населения. При производстве, передаче и потреблении электроэнергии, а также при эксплуатации различных электроприборов и изделий важнейшим условием является электробезопасность, т. е. система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля, статического электричества и ультрафиолетового излучения. Есть указание, что рост частоты возникновения меланомы кожи человека отчасти связан с использованием флуоресцентного освещения.

Значительная часть образующихся на электротехнических предприятиях России отходов (уловленная пыль, шламы, отходы производства, мусор) в течение многих лет вывозится на свалки (где накопились десятки, сотни и, видимо, даже тысячи тонн различных поллютантов и ценных компонентов), определенная часть складируется на территории предприятий и лишь небольшая доля используется вторично или передается в другие организации. Большинство вышедших из строя электротехнических изделий в нашей стране не утилизируются и поступают в отходы потребления, что обусловливает потерю многих десятков тонн ценных компонентов и определяет существенную эмиссию в среду обитания токсичных поллютантов. Химический состав и экотоксикологическая опасность (наличие токсичных Hg, Cd, Pb, W, Mo, Cu, ПХБ и др.) отходов потребления во многом определяются присутствием в них именно электротехнических изделий (ртутные и другие лампы, гальванические элементы, аккумуляторы, установочные устройства, корпуса приборов и т. п.). Захоронение, во многих случаях бесконтрольное, указанных отходов на свалках обусловливает в конечном быстрое включение поллютантов в природные миграционные потоки.

Наиболее рациональным подходом к решению проблемы утилизации отходов и вышедших из строя электротехнических изделий является совместимая с окружающей средой стратегия их переработки, основанная

на: снижение количества отходов уже в процессе производства продукции; уменьшение отходов за счет их сортировки при сборе; широкое вторичное использование (рециклинг) материалов, полученных из отходов; удаление остающихся после переработки отходов с минимально возможным риском для среды обитания и здоровья человека. В отношении тяжелых металлов в идеале единственным надежным способом представляется полный рециклинг их из отходов производства и потребления.

По существующим прогнозам, дальнейший рост населения и промышленного производства может привести в самое ближайшее время к существенному увеличению спроса на энергию (в 1,5-2 раза). На сегодня, видимо, имеется по крайней мере две возможности, альтернативные применению ископаемого топлива. Особенно перспективно, но требует большего времени и значительных усилий, использование “экологически чистых” возобновимых источников энергии (прежде всего, энергии Солнца). В самом же ближайшем будущем наиболее реальным представляется повышение эффективности производства, передачи и использования энергии, что предполагает разработку технологий использования традиционных видов энергоресурсов, направленных на создание малоотходных энергетических систем.

Технический прогресс и “экологизация” электротехнического производства во многом определяют успех дальнейших усилий в решении энергетических (повышение энергоэффективности и сокращение бесполезных расходов и потерь энергии), экологических (снижение физического и химического загрязнения, внедрение малоотходных технологий и рециклинг отходов), социальных (новые рабочие места, рост материального благосостояния в развивающихся и слаборазвитых странах) и политических (ликвидация межрегиональных конфликтов, возникающих на основе распределения и перераспределения энергоресурсов) проблем современного мирового общества.

Для России в самое ближайшее время актуальными задачами являются: 1) инвентаризация (экологическая паспортизация, экологический аудит) электротехнических производств с целью определения их опасности (риска) для работающих, установления экологически и технологически оправданных удельных выбросов (потерь) поллютантов и полезных компонентов на единицу продукции (коэффициентов эмиссии и использования природных ресурсов, сырья, материалов) и внедрения современных технологий; 2) проведение эколого-геохимических и гигиенических исследований в зонах влияния крупных российских электротехнических заводов с целью оценки сложившейся ситуации и разработки комплекса санитарно-гигиенических и природоохранных мероприятий; 3) обяза-

тельная маркировка специальными предупреждающими значками электротехнических изделий, содержащих вредные вещества (прежде всего, ртуть, свинец, кадмий, ПХБ; асбест); 4) обеспечение необходимой защитой оборудования, содержащего указанные поллютанты (особенно находящиеся в длительной эксплуатации мощные трансформаторы и конденсаторы, разрядные лампы, кабельные изделия, аккумуляторы и аккумуляторные батареи); 5) организация на предприятиях учета продукции и изделий, содержащих токсичные химические элементы и соединения; 6) создание специализированных предприятий по раздельному сбору и комплексной переработке отходов и вышедших из строя электротехнических изделий с использованием современных технологических методов (с получением готовой для продажи на рынке продукции), что должно быть подкреплено разработкой и внедрением соответствующих законодательных актов и мер экономического стимулирования; 7) создание специализированных демеркуризационных служб (муниципальных и/или региональных); 8) разработка и последующее осуществление на федеральном, региональном и муниципальном уровнях специальных программ, направленных на технологическое перевооружение наиболее опасных с эколого-гигиенических позиций производств и внедрение новых технологий, исключающих широкое использование и/или снижающих вредное воздействие токсикантов, (ПХБ, ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, селен, неорганические кислоты, хлор- и фторсодержащие растворители, канцерогенные соединения) и вредных производственных факторов на рабочих и членов их семей; 9) разработка на государственном уровне и соответствующая финансовая поддержка специализированной программы, направленной на развитие энергосберегающих технологий, производство экономичных, “экологически безвредных” и доступных широким слоям населения электротехнических изделий; 10) дальнейшие исследования влияния электромагнитных полей на население и разработка системы мероприятий по защите человека и среды обитания от электромагнитного излучения; 11) развитие муниципальных систем “энергетического” аудита с целью анализа эффективности использования энергии различными потребителями и поиска наиболее рациональных путей ее экономии; 12) проведение среди населения рекламно-просветительской кампании, подготовка и издание для широкого круга пользователей справочников по опасности загрязнения среды обитания, эффективному, экономному и безопасному использованию электроэнергии и электротехнических изделий.

Литература

1. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.- 108 с.

2. Аврух В.С. Отработанные ртутьсодержащие лампы - угроза окружающей среде // Ртутная опасность - проблема XX века.- СПб.: Экофонд "Ртутная опасность", 1994, с. 38-44.

3. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека.- М.: Медицина, 1991.- 496 с.

4. Айзенберг Ю.Б. Световые приборы.- М.: Энергия, 1980.- 480 с.

5. Анализ объектов окружающей среды: Инструментальные методы: Пер. с англ.- М.: Мир, 1993.- 80 с.

6. Асбест и другие природные минеральные волокна: Пер. с англ.- Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1991.- 174 с.

7. Акопян К.М., Наумов Ю.И. Охрана труда на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства.- М.: Стройиздат, 1991.- 184 с.

8. Актуальные вопросы производства и применения редких элементов.- М.: ИМГРЭ, 1985.- 114 с.

9. Антипов В.В., Давыдов Б.И., Тихончук В.С. Биологическое действие электромагнитных излучений микроволнового диапазона.- М.: Медицина, 1980.

10. Атаев А.Е. Зажигание ртутных разрядных источников излучения высокого давления.- М.: МЭИ, 1995.- 168 с.

11. Афанасьев М.И., Загрузина А.Н. Хлорированные диоксины в окружающей среде (обзор мировых данных) // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 7.- Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 81-99.

12. Ахобадзе В.В. Полихлорбифенилы в окружающей среде как фактор воздействия на здоровье человека // Пробл. окр. среды и природ. ресурсов. Обзор. информ., № 3.- М.: ВИНИТИ, 1991, с. 80-115.

13. Ашурков С.Г. Эволюция безртутных ламп высокой интенсивности с излучающими добавками // Светотехника, 1992, № 9, с. 11-13.

14. Ашурков С.Г. Конференция «Ртутная опасность - проблема XX века», С.-Петербург, 17-19 ноября 1992// Светотехника,1993,№ 3,с. 29-30.

15. Багоцкий В.С. Аккумуляторы // Химическая энциклопедия: Т. 1.- М.: Сов. энцикл., 1988, с. 110-11.

16. Башаркевич И.Л., Ефимова Р.И. Влияние городских свалок на загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами // Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения.-М.:ИМГРЭ, 1992, с. 137-151.

17. Бебелин И.Н., Гульняева Э.В., Данилов Г.П., Данилкин В.И. Модуль демеркуризации люминесцентных ламп // Ртуть. Комплексная система безопасности.- СПб.:Экофонд “Ртутная опасность”,1996, с. 73-79.

18. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды.- М.: Недра, 1976.- 248 с.

19. БИЗНЕС-КАРТА-97. Промышленность: Вып. 31. Электротехническая промышленность. - М.: АДИ “БИЗНЕС-КАРТА”, 1997.- 620 с.

20. Бобовникова Ц.И., Дибцева А.В., Ковнацкий Е.Ф. и др. Влияние Серпуховского конденсаторного завода на загрязнение окружающей среды города // Тр. ИЭМ, 1990, № 18, с. 101-110.

21. Бобовникова Ц.И., Сиверина А.А., Растригина А.Г. и др. Содержание хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов в грудном молоке женщин СССР // Тр. ИЭМ, 1987, вып. 4, с.101-110.

22. Боброва Л.В., Кондрашова О.В., Федорчук Н.В. Экономика геологоразведочных работ на ртуть, сурьму и висмут.-М.:Недра, 1990.-156 с.

23. Буренков Э.К., Борисенко И.Л., Москаленко Н.Н., Янин Е.П. Экологическая геохимия городских агломераций- М: Геоинформмарк, 1991.- 79 с.

24. Буренков Э.К., Гинзбург Л.Н., Грибанова Н.К. и др. Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей природной среды.- М.:ПРИМА-ПРЕСС, 1997.- 73 с.

25. Буренков Э.К., Янин Е.П., Кижапкин С.А. и др. Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды г.Саранска.- М.: ИМГРЭ, 1993.- 115 с.

26. Вернадский В.И . О газовом обмене земной коры // Известия АН, 1912, № 6, с.141-162.

27. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии.-М.:Наука,1980.-320 с.

28. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.- М.: Наука, 1987.- 339 с.

29. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и эндемии // ДАН СССР, 1938, т. 18, N 4/5, с. 283-286.

30. Волох А.А. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха территорий хозяйственного освоения: Автореф. дис...канд. геол.-мин. н.-м.-М.: ИМГРЭ, 1992.- 22 с.

31. Волох А.А., Ревич Б.А. Особенности микроэлементного состава атмосферного воздуха в зоне влияния различных типов производств // Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия.- М.: ИМГРЭ, 1990, с. 128-133.

32. Воронова Л.Д., Денисова А.В., Пушкарь И.Г. Полихлорированные бифенилы в мониторинге природной среды // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду.- М.: Наука, 1987, с. 53-60.

33. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV группы: Справ. изд.- Л.: Химия, 1988.- 512 с.

34. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд.- Л.: Химия, 1990.- 732 с.

35. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: Справ. изд.- СПб.: Химия, 1994.- 688 с.

36. Галиулин Р.В., Башкин В.Н., Галиулина Р.А. и др. Распределение стойких хлорорганических соединений в агроландшафтах различных регионов. Прикубанская низменность // Агрохимия, 1993, № 1,с. 111-116.

37. Гапонюк Э.И., Бобовникова Ц.И. Содержание полихлорбифенилов (ПХБ) в объектах природной среды и их биологическое значение // Загрязнение почв и сопредельных сред.- М.:Гидрометеоиздат,1988,с.36-46.

38. Герлах С.А. Загрязнение морей: Диагноз и терапия: Пер. с англ.- Л.: Гидрометеоиздат, 1985.- 263 с.

39. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Свинец: Пер. с англ.- Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1980.- 193 с.

40. Глобальное потепление: Доклад Гринпис: Пер. с англ.- М.: Изд-во МГУ, 1993.- 272 с.

41. Голубев И.Ф. Люминофоры // Химическая энциклопедия: Т. 2.- М.: Сов. энцикл., 1990, с. 617-618.

42. Гольдман Э.И.Б Мезенцева Н.В., Могилевская О.Н. Производственная пыль люминофоров // Токсикология редких металлов.- М.: Медицина, 1963.

43. Горная энциклопедия. Т. 4.- М.:Сов. энцикл., 1989, с.570-572.

44. Горнов В.О. Светотехника в 1979-1980 годах (обзор) // Светотехника, 1981, № 1, с. 3-9.

45. Города Подмосковья: Кн. 3.- М.: Моск. рабочий, 1981.- 736 с.

46. Города России: Энциклопедия.-М.:Бол. Рос. Энцикл.,1994.-559 с.

47. Городские инженерные сети и коллекторы.-Л.: Стройиздат, 1990.- 384 с.

48. ГОСТ 12.3.031-83. Работы со ртутью. Требования безопасности.

49. ГОСТ 1639-78. Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия.

50. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году».- М.: Минприроды РФ, 1994.

51. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1994 году».- М.: Минприроды РФ, 1995.

52. Государственный доклад “О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1995 г.”.- М.: Госкомэкологии РФ, 1996.

53. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1996 г.».- М.: Госкомэкологии РФ, 1997.

54. Григорьев О. Электромагнитное излучение в крупных городах достигло критической черты // “Известия”, 14 августа 1996 г.

55. Гудзовский Г.А. Проблема профилактики вредного воздействия на работающих пыли люминофоров, содержащих металлы // Металлы. Гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды.- М.: НИИ гигиены труда и профзаболеваний, 1983, с. 237-241.

56. Гуськов В.И., Михайлов В.К. и др. О термической демеркуризации люминесцентных ламп // Светотехника, 1984, № 12, с. 18-20.

57. Данилин Г.Д. Осторожно: Свинец!// Энергия, 1993, № 4, с.20-23.

58. Добрянский Л.А., Артеменко В.М., Морозов В.И. Ртуть в окружающей среде некоторых городов Украины.- Киев: ИГН АНУ, 1992.-44 с.

59. Доклад о свинцовом загрязнении окружающей среды Российской Федерации и его влиянии на здоровье населения.- М.: РЭФИА, 1997.- 48 с.

60. Дроботун В.С., Рязанова Л.А. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды химическими элементами г.Смоленска.- М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1991.- 128 с.

61. Дроботун В.С. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды г. Гагарина Смоленской области.- М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1995.-83 с.

62. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь.- Л., 1974.- 175 с.

63. Ежегодник состояния загрязнения почв Советского Союза в 1982 г.- Обнинск: ИЭМ, 1983.- 222 с.

64. Ежегодник загрязнения почв Советского Союза в 1985 г.- Обнинск: ИЭМ, 1986.- 269 с.

65. Ермак Л.Б. и др. Ультразвуковая технология демеркуризации люминесцентных ламп // Ртуть. Комплексная система безопасности.- СПб.:Экофонд “Ртутная опасность”, 1996, с. 79-80.

66. Жариков Г.А., Туманский И.М., Фартуков С.В. и др. Санитарно-гигиеническая очистка утилизации осадков сточных вод городских очистных сооружений методом вермикомпостирования // Микроорганизмы в сельском хозяйстве.- Пущино, 1992, с. 61-62.

67. Жарков В.А., Козырев В.С., Федоров Т.Ф. Цветная металлургия капиталистических стран // Металлургия цветных металлов. Т. 15 (Итоги науки и техники ВИНИТИ АН СССР).- М.: ВИНИТИ, 1985, с. 3-114.

68. Иванов А.П. Электрические источники света.- М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955.- 288 с.

69. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн.: Кн. 1.- М.: Недра, 1994.- 304 с.

70. Измеров Н.Ф., Широков Ю.Г., Иванова Н.Ю. Свинец в окружающей среде и его гигиеническое значение // Металлы. Гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды.- М.: НИИ гигиены труда и профзаболеваний, 1983, с. 86-98.

71. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения.- Новосибирск: Наука, 1991.- 151 с.

72. Ильин В.Б., Сысо А.И., Конарбаев Г.А., Байдина Н.Л. К экологической обстановке в Новосибирске: тяжелые металлы в местных почвах и огородных культурах // Агрохимия, 1997, № 3, с. 76-83.

73. Ильницкий А.П. Канцерогенные факторы жилища (эколого-гигиенические аспекты).- М.: РАНКО-пресс, 1995.- 63 с.

74. Информационно-методическое письмо о гигиенических мероприятиях и оценке риска для здоровья населения в очагах загрязнения ртутью жилых и общественных зданий.- М.:Минздрав СССР, 1990.-.

75. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ.- М.: Мир, 1989.- 439 с.

76. Каверзнев В.А. Статическое электричество в полупроводниковой промышленности.- М.: Энергия, 1975.- 372 с.

77. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей.-Новосибирск: Наука, 1985.-181 с.

78. Кайданова О.В. Изучение распределения техногенных веществ в окрестностях г.Курска по их содержанию в снеге // Изучение и оценка воздействия человека на природу.- М., 1980, с. 91-97.

79. Кайданова О.В., Сает Ю.Е., Сорокина Е.П. Исследование уровня содержания микроэлементов в почвах городских территорий (на примере г.Курска) // Взаимодействие хозяйства и природы в городских и промышленных геосистемах.- М.: ИГАН СССР, 1982, с. 60-67.

80. Карелин О.Н., Константинова Л.Н., Ксенофонтов В.Н. и др. Загрязнение воздуха ртутью при производстве элементов питания электроприборов // Гигиена и санитария, 1992, № 7-8, с. 37-39.

81. Касымов Р.С. Некоторые аспекты решения проблемы ртутной опасности // Ртутная опасность - проблема XX века.- СПб.:Экофонд “Ртутная опасность”, 1994, с. 10-19.

82. Клименко М.А. Влияние полихлорированных, полибромированных дифенилов, полихлорированных четвертичных фенилов на здоровье человека // Гигиена и санитария, 1988, № 7, с. 56-58.

83. Кинг А., Шнайдер Б. Первая глобальная революция (Доклад совета Римского клуба) // Радикал, 1991, № 49-52.

84. Ковальский В.В. Геохимическая экология.-М.:Наука,1974.-299 с.

85. Кожушко Г.М., Корягин О.Г. Пути решения проблемы ртути в источниках света на Украине // Ртутная опасность - проблема XX века.- СПб.: Экофонд «Ртутная опасность», 1994, с. 83-86.

86. Кокинов А.М., Федоренко А.С., Прытков А.А. Пути снижения ртутной опасности при производстве и применении источников света // Ртутная опасность - проблема XX века.- СПб.: Экофонд «Ртутная опасность», 1994, с. 79-82.

87. Колесников В.А., Мерзлякова Е.А. Экологические проблемы гальванических производств // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов.- М.: ВИНИТИ, 1991, № 6, с. 90-101.

88. Котляр И.Б. Поливинилхлорид // Химическая энциклопедия: Т. 3.- М.: Бол. Рос. Энцикл., 1992, с.1232-1235.

89. Красовский Г.Н., Васюкович Л.Я. Биологические эффекты диоксина и опасность его для здоровья населения // Гигиена окр. среды: Экспресс-информация, 1980, № 11, с. 1-25.

90. Красноперов В.А. Люминофоры // Энциклопедия неорганических материалов: Т. 1.- Киев: Гл. Ред. Укр. Сов. Энцикл., 1977, с. 720-723.

91. Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды: Вып. 1: Ртуть.- Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1979.- 149 с.

92. Ларина Э.Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии.- М.: Энергоатомиздат, 1996.- 464 с.

93. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах.- Л.: Гидрометеоиздат, 1986.-

94. Литиевые источники тока с длительным сроком службы // Экспресс-информация ВИНИТИ. Прямое преобразование тепловой и химической энергии в электрическую, 1985, № 11, с. 20-23.

95. Ляхов М.Е. Загрязнение воздушной среды // Изучение и оценка воздействия человека на природу.- М., 1980, с. 150-159.

96. Маркова Т.Г., Московченко Д.В. Геохимическая оценка состояния окружающей среды г.Тюмени // Человек. Природа. Общество. Актуальные проблемы.- Л., 1991, с. 21-22.

97. Мацевич В.В., Борзин М.Н., Доморощин В.П. Установка утилизации ртутьсодержащих щелочных марганцево-цинковых гальванических элементов // Ртутная опасность - проблема XX века.-СПб.: Экофонд "Ртутная опасность", 1994, с. 93-98.

98. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста: Пер. с англ..- М.: Прогресс-Пангея, 1994.- 304 с.

99. Мельников Ю.Ф. Светотехнические материалы.- М.: Энергия, 1976.- 151 с.

100. Методические рекомендации по гигиенической оценке загрязнения атмосферного воздуха в районах размещения предприятий по производству и применению ртути.- М.: Минздрав СССР, 1989.- 17 с.

101. Методические указания по контролю за организацией текущей и заключительной демеркуризации и оценке ее эффективности.- М.: Минздрав СССР, 1987.- 16 с.

102. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами.- М.: Минздрав СССР, 1987.- 25 с.

103. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Ч. II: Пер. с англ.- М.: Прогресс-Пангея, 1994.- 335 с.

104. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Ч. III: Пер. с англ.- М.: ГАЛАКТИКА, 1996.- 400 с.

105. Минеральные ресурсы мира.- М.: ВНИИзарубежгеология, 1995.- 575 с.

106. Мир 80-х годов: Пер. с англ.- М.: Прогресс, 1989.- 496 с.

107. Михайлов В.К. К вопросу о переработке ртутьсодержащих отходов // Технология. Сер.: Оборуд., матер., проц., 1991, № 1, с. 103-105.

108. Михайлов А.А., Лифшиц Л.И., Иванова Л.Т. Исследование обитаемости пластмассовых домов, предназначенных для Крайнего Севе-

ра // Гигиена и токсикология высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза.- Л.: Химия, 1969, с. 82.

109. Михайлов В.К., Ющенко А.И. Разработка технологии демеркуризации люминесцентных ламп // Светотехника, 1983, № 2, с. 18-19.

110. Монаенкова М.К., Глотова К.В. Интоксикация селеном // Гигиена и санитария, 1963, № 6, с. 41-44.

111. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния: Пер. с англ. - М.: Мир, 1987.- 288 с.

112. Мырлян Н.Ф., Морару К.Е., Настас Г.И. Эколого-геохимический атлас Кишинева.- Кишинев: Штиинца, 1992.- 116 с.

113. Мэрион Дж.Б. Общая физика с биологическими примерами: Пер. с англ.- М.: Высшая школа, 1986.- 623 с.

114. Народное хозяйство СССР в 1987 г.: Стат. ежегодник.- М.: Финансы и статистика, 1988.- 736 с.

115. Нахильницкая З.Н. Магнитное поле как экологический фактор // Проблемы космической биологии, 1978, с. 10-30.

116. Национальный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 1993 г.».- М.: МЗ РФ, 1994.- 30 с.

117. Национальный доклад России: Состояние окружающей среды в 1991 г. // Евразия-мониторинг, 1992, № 2, с. 2-45.

118. Наше общее будущее: Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию: Пер. с англ.- М.: Прогресс, 1989.- 376 с.

119. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир: Т. 2: Пер. с англ.-М.: Мир, 1993.- 336 с.

120. Недвижимость. Т. 1. Экология Москвы.- М.:ДТД, 1995.- 205 с.

121. Новое в развитие минерально-сырьевой базы редких металлов. Сырьевая база, производство и потребление редких металлов за рубежом.- М.: ИМГРЭ, 1991.- 257 с.

122. Новые литиевые батареи // БИНТИ ТАСС, 1986, № 37, с.57-58.

123. Об утилизации разрядных ламп//Светотехника, 1987, № 2,с. 27.

124. Общероссийская справочная правовая система “Законодательство России” (CD-ROM).- М.: Изд-во “ЭЛЕКС”, январь 1998.

125. Окружающая среда: энциклопедический словарь-справочник: Пер. с нем.- М.: Прогресс, 1993.- 640 с.

126. О совершенствовании экспертизы профессионального рака // Медицина труда и промышленная экология, 1994, № 4, с. 42-46.

127. Охрана окружающей среды в Российской Федерации в 1992 году.- М.: Республиканский информ.-изд. центр, 1993.- 174 с.

128. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в СССР.- М.: Финансы и статистика, 1989.- 174 с.

129. Павлов С. Интерес инвесторов к экомобилям пока ограничивается созерцанием // Финансовые известия, 10 декабря 1996 г.

130. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека: Гигиенические нормативы.- М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995.- 17 с.

131. Петросян А.П. Об использовании вторичной меди в странах капиталистического мира // БИКИ, 29 июня, 1982 г.

132. Пешков И.Б. Современное состояние кабельной техники // Электротехника, 1987, № 6, с. 29-33.

133. Плескачевская Г.А., Бобовникова Ц.И. Гигиеническая оценка загрязнения хлорированными бифенилами окружающей среды в Серпухове // Гигиена и санитария, 1992, № 7-8, с. 16-19.

134. Политехнический словарь.- М.:Сов. энцикл.,1989.-656 с.

135. Полихлорированные бифенилы.- М.: ЦМП ГКНТ, 1988.- 62 с.

136. Полихлорированные бифенилы и терфенилы: Гигиенические критерии состояния окружающей среды. 2: Пер. с англ.-Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1980.- 98 с.

137. Правила техники безопасности для предприятий ртутной промышленности.-М., 1965.

138. Правила учета электрической энергии (сборник основных нормативно-технических документов, действующих в области учета электроэнергии).- М.: Главгосэнергонадзор России, 1997.- 352 с.

139. Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П. Основы ландшафтного анализа.- М.: Наука, 1988.- 192 с.

140. Пресман А.С. Электромагнитное поле и живая природа.- М.: Наука, 1968.- 310 с.

141. Привезенцев В.А., Гроднев И.И., Холодный С.Д. Основы кабельной техники.- М.: Энергия, 1975.- 472 с.

142. Принципы и методика геохимических исследований при прогнозировании и поисках рудных месторождений.- Л.: Недра, 1979.- 247 с.

143. Производство кабелей и проводов.-М.:Энергоиздат,1981.-632 с.

144. Пятницкий О.В. Ртутная опасность в производстве химических источников тока // Ртутная опасность - проблема XX века.- СПб.: Экофонд "Ртутная опасность", 1994, с. 92-93.

145. Рамад Ф. Основы прикладной экологии: Воздействие человека на биосферу: Пер. с англ.- Л.: Гидрометеоиздат, 1981.- 543 с.

146. Рапута В.Ф., Садовский А.П., Олькин С.Е. Реконструкция выпадений бенз-а-пирена в окрестностях Новосибирского электродного завода // Метеорология и гидрология, 1997, № 2, с. 33-41.

147. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания: Кн. 2. Загрязнение воды и воздуха: Пер. с англ.- М.: Мир, 1995.- 296 с.

148. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания: Кн. 3. Энергетические проблемы человечества: Пер. с англ.- М.: Мир, 1995.- 291 с.

149. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания: Кн. 4. Здоровье и среда, в которой мы живем: Пер. с англ.- М.: Мир, 1995.- 191 с.

150. Ревич Б.А., Несвижская Н.И., Журавлева М.Г. и др. Совершенствование методических принципов эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды: Кн. 1.- М.:МОМГЭ ИМГРЭ, 1983.- 252 с.

151. Ревич Б.А., Несвижская Н.И., Журавлева М.Г. и др. Эколого-геохимическая оценка аномалий тяжелых металлов (в 2-х томах).- М,: МОМГЭ ИМГРЭ, 1986.

152. Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами.- М.: ИМГРЭ, 1982.- 112 с.

153. Ревич Б.А., Сотсков Ю.П., Тростина В.И. Накопление химических элементов в организме человека в техногенных геохимических аномалиях // Методы изучения техногенных геохимических аномалий.- М.: ИМГРЭ, 1984, с. 20-31.

154. Результаты биогеохимических работ в городах Армянской ССР. - М.: ИМГРЭ, 1985.- 170 с.

155. Ровинский Ф.Я., Афанасьев М.И., Вулых Н.К., Загрузина А.Н. Фоновое содержание хлорорганических пестицидов, полихлорбифенилов и полициклических ароматических углеводородов в природных средах (по мировым данным) // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 4.- Л.: Гидрометеоиздат, 1987, с.51-81.

156. Ройзман В.Я. Проблемы и решения демеркуризации ртутных ламп // Ртутная опасность - проблема XX века.- СПб., 1994, с. 44-45.

157. Роль редких металлов в ускорении научно-технического прогресса.- М.: ИМГРЭ, 1986.- 116 с.

158. Романович Е.Ф. Тальк.- М.: Наука, 1974.- 75 с.

159. Рост продаж электрических батарей на мировом капиталистическом рынке // БИКИ, 1985, № 35, с. 5.

160. Рохлин Г.Н. Газоразрядные источники света.- М.: Энергоатомиздат, 1991.

161. Рубцов А. Энергосистема нуждается в обновлении // Финансовые известия, 1997, 4 сентября.

162. Руководство по контролю качества питьевой воды: Т. 2: Гигиенические критерии и другая релевантная информация: Пер. с англ. - Москва-Женева: Медицина-ВОЗ, 1987.- 325 с.

163. Сает Ю.Е. Анропогенные геохимические аномалии свинца //Свинец в окружающей среде.- М.: Наука, 1987, с. 130-149.

164. Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами.- М.: ИМГРЭ,1982.-74 с.

165. Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды.- М.: ИМГРЭ, 1982.- 66 с.

166. Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды.- М.: ИМГРЭ, 1982.- 66 с.

167. Сает Ю.Е., Онищенко Т.Л., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий.- М.: ИМГРЭ, 1986.- 99 с.

168. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды.- М.: Недра, 1990- 335 с.

169. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Ревич Б.А. и др. Рекомендации по результатам эколого-геохимической оценки некоторых территорий Московской области с наиболее высоким уровнем загрязнения // Научно-технический прогресс и проблемы охраны окружающей среды Московской области.- М.: НИИ гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана, 1989, с. 42-61.

170. Сает Ю.Е., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод.- М.: ИМГРЭ, 1985.- 48 с.

171.Санитарные правила по проектированию, оборудованию, эксплуатации и содержанию предприятий, производящих ртуть.- М.: Минздрав СССР, 1980.-11 с.

172. Санитарные правила при работе со ртутью, ее соединениями и приборами с ртутным заполнением.- М.: Минздрав СССР, 1988.- 37 с.

173. Санитарные правила проектирования, оборудования, эксплуатации и содержания производственных и лабораторных помещений, предназначенных для проведения работ со ртутью и ее соединениями и приборами с ртутным заполнением.- М.: Минздрав СССР, 1969.

174. Свердлина Н.Т., Масленникова В.С. Гигиеническая оценка условий труда в производстве селеновых фотоэлементов // Мат-лы науч. сес. Лениград. НИИ гигиены труда и профзаболеваний.-Л., 1961, с. 73-75.

175. Селен: Гигиенические критерии состояния окружающей среды. 58: Пер. с англ.- Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1989.- 270 с.

176. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. Методические рекомендации.- М.: МОНИКИ, 1989.- 22 с.

177. Смирнова Р.С., Игумнов Н.Я., Павлова Л.Н. и др. Комплексное геохимическое и биогеохимическое изучение очагов загрязнения окружающей среды: Т. 1.- М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1982.- 167 с.

178. Смоленская область.- М.: Моск. рабочий, 1978.- 240 с.

179. Соколов Л.С., Горшенина С.В., Соколова Т.И., Тарфеев В.Н. Ртуть в приземной атмосфере Москвы и некоторых других районов Советского Союза.- М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1986.- 143 с.

180. Состояние здоровья населения и среды обитания города Саранска Республики Мордовия.- Саранск, 1996.- 89 с.

181. Состояние и перспективы развития исследований производства и применения люминофоров для люминесцентных ламп (обзорная информация).- М.: НИИТЭХИМ, 1982.- 42 с.

182. Состояние окружающей природной среды в Новосибирской области в 1993 году.- Новосибирск, 1994.- 112 с.

183. Состояние окружающей природной среды в Новосибирской области в 1994 году.- Новосибирск, 1995.- 166 с.

184. Справочная книга по светотехнике.- М.: Энергоатомиздат, 1995.- 526 с.

185. Справочник по профессиональной патологии.- М.: Медицина, 1981.- 376 с.

186. Станкевич К.И., Кравченко Т.И., Антонюк О.К. и др. Влияние микроклимата помещений на миграцию летучих соединений из поливинилхлоридных материалов // Гигиена и санитария, 1974, № 6, с. 11-14.

187. Стяжкин В.М., Кузнецова Г.М., Солдатченкова Т.П. Санитарно-химические исследования экспериментального вагона-дома с широким применением пластмасс // Актуальные вопросы гигиены окружающей среды.- М.: НИИ гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана, 1976, с. 62-64.

188. Тимофеев Ю.П. Люминофоры // Физическая энциклопедия: Том II.- М.: Сов. энцикл., 1990, с. 626-627.

189. Тимофиевская Л.А. Эфиры о-фталевой кислоты.- М.: ЦМП ГКНТ, 1983.- 57 с.

190. Тихонов М.Н., Кудрин И.Д., Довгуша В.В. Электромагнитный смог - бич нашего времени // Энергия, 1997, № 10, с. 26-31.

191. Третьякова В.Д., Авдеева Т.М., Вороненко Л.С. Токсикологический контроль состояния экосистемы Керченского пролива в условиях дампинга // Экология, 1993, № 5, с. 78-80.

192. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности.- М.: Стройиздат, 1978.- 590 с.

192а. Утилизация твердых отходов: В 2-х т.: Пер. с англ.- М.: Стройиздат, 1985.- Т. 1 - 336 с.; т. 2 - 348 с.

193. Уэймаус Д. Газоразрядные лампы.- М.: Энергия, 1977.- 344 с.

194. Уэймаус Дж.Ф. Состояние и перспективы развития разрядных источников света// Светотехника, 1987, № 5, с. 20-24.

195. Федоров В.В. Производство люминесцентных ламп.- М.: Энергия, 1969.- 145 с.

196. Федоров В.В. Люминесцентные лампы.- М.: Энергоатомиздат, 1992.- 128 с.

197. Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспектива.- М.: Наука, 1993.- 266 с.

198. Федоров Л. Мусор в Москве // Евразия, 1996, № 1, с. 37.

199. Федоров Л.А., Мясоедов Б.Ф. Диоксины: химико-аналитические аспекты проблемы // Успехи химии, 1990, 59, с. 1818-1866.

200. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химия: Пер. с нем.- М.: Мир, 1997.- 232 с.

201. Физическая энциклопедия: Т. 2.- М.:Сов. энцикл., 1990.- 703 с.

202. Фокин А.В., Коломиец А.Ф. Диоксин: давно пора ударить в набат // Вестник АН СССР, 1991, № 7, с. 99-115.

203. Фортескью Дж. Геохимия окружающей среды: Пер. с англ.- М.: Прогресс, 1985.- 360 с.

204. Фролова Е.В. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды г.Рузаевка химическими элементами: Кн. 1.- М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1990.- 96 с.

205. Хачатуров В. Россия и геополитическая стабильность мира // НГ-СЦЕНАРИИ, прилож. к “Независимой газете”, № 10, сентябрь 1997.

206. Химическая энциклопедия: Т. 1.-М.:Сов. энцикл.,1988.-623 с.

207. Химическая энциклопедия: Т. 2.-М.:Сов. энцикл.,1990.-671 с.

208. Цырлов И.Б. Хлорированные диоксины: биологические и медицинские аспекты: Анал. обзор.- ГПНТБ СО АН СССР, 1990.- 209 с.

209. Чалов В.И., Таужнянская З.А., Дорохина Л.Н. Пути утилизации и обезвреживания токсичных отходов предприятий цветной металлургии // Цв. металлургия, 1991, № 6, с. 42-44.

210. IV Объединенный международный симпозиум по проблемам прикладной геохимии, посвященный памяти академика Л.В.Таусона, 7-10 сентября 1994 г., Иркутск, Россия: Тезисы: т. 2.- Иркутск, 1994.-190 с.

211. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Геолиотараксия.- М.: Мысль, 1995.- 767 с.

212. Шефтель В.О. Вредные вещества в пластмассах: Справ. изд.- М.: Химия, 1991.- 544 с.

213. Шимберева Н. Экономика России переходит на энергосберегающий путь развития // Финансовые известия, 1997, 25 декабря.

214. Шимечек Я., Штохл В. Волокнистая пыль в воздухе производственных помещений: Пер. с чеш.- М.: Стройиздат, 1990.- 184 с.

215. Шицкова А.П., Рязанова Р.А. Гигиена и токсикология пестицидов.- М.: Медицина, 1975.- 129 с.

216. Шустов В.Я., Ольховская А.Г., Додина Л.Г. и др. Особенности воздействия на организм работающих электромагнитного излучения СВЧ-диапазона и свинца, фитокоррекция нарушений // Медицина труда и промышленная экология, 1994, №1, с. 21-22.

217. Эйхлер В. Яды в нашей пищи: Пер. с нем.-М.:Мир,1993.-198 с.

218. Экогеохимия городских ландшафтов.-М.:Изд-во МГУ,1995.-336с.

219. Экологическая химия: Пер. с нем.- М.: Мир, 1996.- 396 с.

220. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 536 с.

221. Экологическое право России. Сборник нормативных правовых актов и документов.- М.: Изд-во БЕК, 1997.- 816 с.

222. Электроника: Энциклопедический словарь.- М.: Сов. энцикл., 1991.- 688 с.

223. Электротехническая промышленность // Большая советская энциклопедия, т. 30.- М.: Сов. энцикл., 1978, с. 114-116.

224. Ягольницер М.А., Оболенский А.А., Бабич В.В. и др. Выбор эффективной стратегии развития горно-металлургического предприятия в новых условиях хозяйствования.- Новосибирск, 1993.- 123 с.

225. Ягольницер М.А., Соколов В.М., Рябцев А.Д. и др. Оценка промышленной эмиссии ртути в Сибири // Химия в интересах устойчивого развития, 1995, 3, № 1-2, с. 23-35.

226. Янин Е.П. Геохимические закономерности формирования антропогенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках: Автореф. дис....канд. геол.-мин. наук.- М.: ИМГРЭ, 1985.- 25 с.

227. Янин Е.П. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды города Саранска ртутью и другими химическими элементами.- М.: ИМГРЭ, 1989.- 240 с.

228. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города.- М.: ИМГРЭ, 1992.- 169 с.

229. Янин Е.П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий.- М.: Геоинформмарк, 1993.- 50 с.

230. Янин Е.П. Специфический источник поступления ртути в жилые помещения // Ртуть. Комплексная система безопасности.- СПб.: Экофонд «Ртутная опасность», 1996, с. 45-48.

231. Янин Е.П. Эколого-геохимические аспекты производства и использования люминесцентных ламп // Там же, с. 61-73.

232. Янин Е.П. Геохимические особенности осадков сточных вод промышленного города (на примере Саранска).- М.: ИМГРЭ,1996.- 41 с.

233. Янин Е.П. Фтор в питьевых водах города Саранска и его гигиеническое значение.- М.: ИМГРЭ, 1996.- 58 с.

234. Янин Е.П. Полихлорированные бифенилы в окружающей среде (эколого-гигиенические аспекты). - М.: Диалог-МГУ, 1997.- 35 с.

235. Янин Е.П. Экологические аспекты производства и использования ртутных ламп.- М.: Диалог-МГУ, 1997.- 41 с.

236. Янин Е.П. Асбест в окружающей среде. (Введение в экологическое асбестоведение).- М.: ИМГРЭ, 1997.- 176 с.

237. Янин Е.П. Экологическая геохимия: задачи, исходные положения, эмпирические обобщения и методы исследования // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. н.-п. конф. Ч. II.- М.: ВСЕГИНГЕО, 1998, с.126-128.

238. Aegerter I. Environmentally compatible treatment of toxic wastes // Int. Environ. And Safety, 1990, 8, № 3, p. 6-8.

239. Atlas E., Giam C.S. Global transport of organic pollutants: ambient concentrations in the remote marine atmosphere//Science,1981,211,p. 163-165.

240. Balch G., Jones R. Zinc in plants, sediments, snow and ice around a galvanized electrical transmission tower in a beaver pond // Water, Air, and Soil Pollut., 1991, 59, № 1-2, p. 145-152.

241. Baluja G., Hernandez L.M., Gonzalez Ma., J., Rico Ma., C. Presense of organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls, and mercury in Spanish human milk samples // Bull. Environ Contam. And Toxicol., 1982, 28, № 5, p. 573-577.

242. Beder Sh. The burning issue of Australia`s toxic waste // New Sci., 1991, 130, № 1772, p. 35-38.

243. Bennett B.G. Exposure of man to environmental PCBs an exposure commitment assessment//Sci. Tot. Environ.,1983,29,№ 1-2,p.101-111.

244. Bogan J.A., Bourne W.R.P. Organochlorine levels in Atlantic seabirds // Nature (L.), 1972, 240, p. 358-359.

245. Братанова Д. Замърсяване на почви и растения с олово // Бюлл. НТИНипроруда, 1980, № 4, с. 46-48.

246. Chevreuil M., Chesterikoff A., Letolle R. Modalites du transport des PCB dans la rivere Seine // Rev. sci. eua., 1988, 1, № 4, p. 312-337.

247. Clark D.R., Foerster K.S., Marn C.M., Hothem R.L.. Uptake of environmental contaminants by small mammals in pickleweed habitats at San Francisco Bay, California // Arch. Environ. Contam. and Toxicol.,1992,22, № 4, p.389-396.

248. Cordle F., Lacke R., Springer J. Risk assessment in Federal regulatory agency: an assessment of risk associated with the human consumption of some species of fish contaminated with polychlorinated biphenyls (PCBs) // Environ. Health Perspect., 1982, 45, p.171-179.

249. Decontamination of PCB contaminated solids: Пат. 5245113 USA, МКИ^{5} H 01 B 15/00 / Schulz H.W.; Dynecology, Inc.- № 704803. Заявл. 23.05.91. Опубл. 14.09.93.

250. De Rosis F., Anastasio S.P., Selvaggi L. et al. Female reproductive health in two lamp factories: effects of exposure to inorganic mercury vapour and stress factors // Brit. J. Ind. Med., 1985, 42, № 7, p. 488-494.

251. Dewailly E., Nantel A., Weber J.-P., Meyer F. High levels of PCBs in breast milk of inuit women from Arctic Quebec // Bull. Environ. Contam. Toxocol., 1989, 43, № 5, p. 641-646.

252. Dickhut R.M., Gustafson K.E. Atmospheric inputs of selected polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls to Southern Chesapeake Bay // Mar. Pollut. Bull., 1995, 30, № 6, p. 385-390.

253. Dodoli D., Dei Nevo M., Flumalbi C& et al. Environmental household exposures to asbestos and occurrence of pleural mesothelioma // Amer. J. Ind. Med., 1992, 21, № 5, p. 681-687.

254. Duarte-Davidson R., Jones K.C. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the UK population: estimated intake, exposure and body burden // Sci. Total Environ., 1994, 151, № 2, p. 131-152.

255. Europe`s energy futures // Phys. World, 1991, 4, № 8, p. 29.

256. Ferguson J.E., Hibbard K.A., Ting R.L.H. Lead in human hair factory employes and their families // Environ. Pollut., 1981, B2, № 2.

257. Forstner U., Kersten M., Wienberg R. Geochemical processes in landfills // Landfill: React. And Fin. Storage: Swiss Workshop Land Dispos. Solid Wastes, Gerzensee, March 14-17, 1988.- Berlin etc., 1989, p. 39-81.

258. Fugli R. Das Recycling von alten Bleibatterien ein Beitrag zum Umweltschulz//Bull. Schweiz. Elektrotechn. Ver.,1985, 76, № 16, s. 989-991.

259. Fukahara Y. // Когай то тайсаку.=J. Environ. Pollut. Contr., 1991, 27, № 4, 333-342.

260. Giordano V., Melville M.P. Case study: how GE identifies waste streams for pollution prevention act reporting // Pollut. Prev. Rev., 1993, 4, № 1, p. 47-59.

261. Goto S. // Хайкибуцу, 1985, 11, N 11, p. 98-101.

262. Gregor D.J., Peters A.J., Teixeira C. et al. The historical residue trend of PSBs in the Agassiz ice cap, Ellesmere island, Canada // Sci. Total Environ., 1995, 160-161, № 1-3, p. 117-126.

263. Heinisch E., Klein S. Wege und Wirkungen chemischer Stoffe in der Okosphare // Spectrum, 1990, 21, № 2, s. 20-22.

264. Heinzow B. Dioxine in der Frauenmilch // Padiat. Prax., 1991, 42, № 3, s. 515-522.

265. Hiller F. //Maschinenmarkt, 1991, 97, № 7, s. 34-36, 38-39.

266. Hirokadzu K., Hideo O. Transfer of Polychlorinated Biphenyls to infants from their mothers// Arch. Environ. Health, 1980, 35, № 2, p. 95-100.

267. Hoffmann J.E. Precious-metal-bearing scrap: some considerations in sampling and negotiations // JOM, 44, № 7, p. 42.

268. Honda A. // Хайкибуцу, 1984, 10, N 2, p. 43-47.

269. Horvath A., Koves L., Bartha E., Bacskai D. Levego-es talajvizsgalatok kadmiumot emittalo uzemek teruleten // Egeszsegtudomany, 1985, 29, № 2, 166-176.

270. Hutter L.A. Quecksilbergefahrdung durch Leuchtstofflam- pen? // Naturwiss Rundsch, 1978, 31, s. 17-19.

271. Hutton M., Symon C. The quantities of cadmium, lead, mercury and arsenic entering the U.K. environment from human activities // The Science of the Total Environment, 1986, 57, p. 129-150.

272. Ivasaki J. // Гэндай кагаку=Chem. Today, 1984, № 155, p. 46-50.

273. Iziuk M., Czerwinski J. Zanieczyszczenle wod powierzchniowych i uzytkowych zwiazkami chlorowcoorganicznymi // Inz. Mor. I. Geotechn., 1991, 12, № 1, s. 7-13.

274. Jensen S. Report of a new chemical hazard //New Scientist, 1966, 32, p. 612.

275. Jensen S., Johnels A.G.,Olsson M., Otterlind G. DDT and PCB in marine animals from Swedish waters // Nature, 1969, 224, p. 247-250.

276. Kalker U. Das Problem asbesthaltiger Nachtspeicherofen // Dtsch. Arztebl., 1992, 89, № 15, s. 850-851.

277. Kanel A. Des piles puissantes et non polluantes? C`est possible! // Rev. polytechn., 1992, № 5, p. 344-345,347.

278. Korzun E.A., Hech H.H. Sources and fates of lead and cadmium in municipal solid waste // J/ Air and Waste Manag. Assoc., 1990, 40, № 9, p. 1220-1226.

279. Krause-Fabricius G. Grenzwertvorschlag fur Cadmium und Cadmiumverbindungen (berechnet als Cd) // Lufthyg. Und Silikoseforsch. Jahresber., 1977, Bd. 10, s. 119-143.

280. Kuratsune M., Nakamura Y., Ikeda M., Hirohata T. Analysis of deaths seen among patients with Yosho - a preliminary report // Chemospere, 1987, 16, № 8-9, p. 2085-2088.

281. Leonzio C., Marsili L., Focardi S. Influence of cadmium on PCB congener accumulation in quail // Bull. Environ. Contam. and Toxicol., 1992, 49, № 5, p. 686-693.

282. Louekari K., Saarikosti H., Yoki-Kokko E. Kadmium ymparistossa // Vesi ja ymparistohallinnon julk. A., 1991, № 70, 1-93.

283. Matte T.D., Figueroa J.P., Burr G. et al. Lead exposure among lead-acid battery workers in Jamaica // Amer.J. Ind. Med., 1989, 16, № 2, p.167-177.

284. Miller S. The PCB umbroglio // Environ. Sci. Technol., 1983, 17, № 1, p. 11-14.

285. Mitchell D.J., Wild S.R., Jones K.C. Arrested municipal solid waste inciner for flyash as a source of heavy metals to the UK environment // Environ. Pollut., 1992, 76, № 1, p. 79-84.

286. Modig S. Harte Auflagen//Sekundar Rohst.,1991,8,№ 12,s.370-376.

287. Mukherjee A.B. et al.//Water,Air, and Soil Pollut.,1995,80,p.255-264.

288. Neary C.R., Highley D.E. The economic importance of the rare earth elements // Rare Earth Elements Geochemistry.- Elsevier, Amcterdam, 1984, p. 424-466.

289. Nielsen A. Asbest i indeklimaet og det omgivende miljo // Ugeskr. laeger, 1986, 148, № 49, 3323-3328.

290. O`Connor G., Kiehl D., Eiceman G.A., Ruan J.A. Plant uptake of sludge-borne PCBs // J. Environ. Qual., 1990, 19, № 1, p. 113-118.

291. Odewald M. Leben im Elektro Smog//Natur.,1990, № 12, s.86-93.

292. Panshin S.Y., Hites R.A. Atmospheric concentrations of polychlorinated biphenyls at Bloomington // Environ/ Sci/ and Technol., 1994, 28, № 12, p. 2003-2013.

293. Parkinson A., Safe S. Mammalian biologic and toxic effects of PCBs // Polychlorinated Biphenyls (PSBs): Mammalian and Environ. Toxicol.- Berlin etr., 1987, p. 49-75.

294. Pohl K.D., Esser R. Quecksilber in Hausmull und Klarschlamm // Umveltmagazin, 1986, 16, № 4, s. 24-26, 28.

295. Process for treating mercury in preparation for disposal: Пат. 5034054 США, МКИ[5] C 22 C 1/5/ Woodward J.C.; Ecoflo, Inc.- № 375246; Заявл. 03.07.89; Опубл. 23.07.91; НКИ 75/388.

296. Rauta C., Nastea St., Dumitru M. Et al. Aspecte priving influenta unor emisii industriale asupra acumularii de Zn, Pb, Cu, in sol si plante // An. Inst. cerc. pedol. si agrochim., 1980, 44, p. 213-226.

297. Reimann D.O. Mercury output from garbage incineration // Waste Manag. and Res., 1986, 4, № 1, p. 45-56.

298. Reimann D.O. Mulfifuktionale, zukunftsorientierte Rauchgasrei nigungstechniken // Brenst.-Warme-Kraft., 1991, 43, № 3, s. E61-E64.

299. Rosiles R., Lopez R., Rivas V., Diaz R. Presencia de plomo en drenaje, en hojas y en pasto en los alrededores de una fabrica de beterias para automoviles // Veterinaria, 1985, 16, № 4, 235-238.

300. Rummel-Bluska I. Environmentally sound recovery of hazardous wastes within the framework of Basel Convention // Ind. and Environ., 1995, 17, № 3, p. 5-6.

301. Safe S. PCBs and human health // Polychlorinated Biphenyls (PSBs): Mammalian and Environ. Toxicol.- Berlin etr., 1987, p.133-145.

302. Saha J.G., McKinlay K.S Use of mercury in agriculture and its relationship to environmental pollution // Analytical aspects of mercury and other heavy metals in the environment, 1975, p. 1-20.

303. Sakaguchi T., Ohyagi Y.//Бунсэки кагаку, 1986, 35,№ 9,822-824.

304. Sander H.P. Bleirecycling und Umweltschutz // Metall, 1987, 41, № 9, s. 927-930.

305. Schober E., Pfeil B., Uhlig B. Schutz und Dekontaminierung von Bauteilen, die durch Quecksilber belastet werdrn // Z. Gesamte Hyg. und Grenzgeb., 1987, 33, № 1, s. 23-26.

306. Semu E., Singh B.R., Selmer-Olsen A.R. Mercury pollution of effluent, air, and soil near a battery factory in Tanzania // Water, Air, and Soil Pollut., 1986, 27, № 1-2, p. 141-146.

307. Suzuki M., Kubota H., Kanaya K. // Когай то тайсаку =J. Environm. Pollut. Contr.,1985, 21, № 11, p. 1105-1112, 1117.

308. Swerdlow A.J., English J.S.C., MacKie R.M. et al. Fluorescent lights ultraviolet lamps, and risk of cutaneous melanoma // Brit. Med. J., 1988, 297, № 6649, p. 647-650.

309. Tanikava N., Imai T., Tatezono K. et al. Effect of mercury reduction of dry batteries on mercury emission from municipal incinerators in the Wardarea of Tokyo, Japan // Sci. Total Environ.,1995,168,№ 3,p.225-231.

310. Taylor K., Hurd D.J., Rohan B. Recycling in the 1980s: batteries not included // Resour. Recycl., 1988, 7, № 2, c. 26-27, 58-60.

311. Valenti M. Recovering heavy metals // Mech. Eng., 1992, 114, № 12, p. 54-58.

312. Verberk M.M., Salle H.J.A. Kemper C.H. Tremor in workers with low exposure to metallic mercury // Amer. Ind. Hyg. Assoc. J., 1986, 47, № 9, p. 559-562.

313. Volkrodt W. Wirkowellensmog und Waldschaden - tut sich doch noch was in Bonn? // Raum und Zeit., 1991, 9, № 52, s. 22-25.

314. Wang Jung-Der, Jang Chang-Sheng, Hwang Yaw-Huei et al., Lead contamonation around a kindergarten near a battery recycling plant // Bull. Environ. Contam. And Toxicol., 1992, 49, № 1, p. 23-30.

315. Warren L. Occupational skin disease // Safety and Health Pract., 1994, 12, № 11, p. 40-41.

316. Webber M.D., Pietz R.I., Granato T.C., Svoboda M.L. Plant uptake of PCBs and other organic contaminants from sludge-treated coal refuse // J. Environ. Qual., 1994, 23, № 5, p. 1019-1026.

317. West R.H., Hatcher P.G. Polychlorinated biphenyls in sewage sludge and sediments of the New York Bight // Mar. Pollut. Bull., 1980, 11.

318. World resource foundation // Warmer Bull., 1995, № 4, p. I-IV.

319. Wozniak H., Wiecek E., Bielichowska-Cybula G. The fibrogenic activity and neurotoxicity of heat-treated chrysotile // Pol. J. Occup. Med. and Environ. Health, 1991, 4, № 1, p. 21-31.

320. Xu Baobo // Ляньчи=Battery Bimon, 1990, 20, № 4, p. 30-35.

321. Yasuhiro Matsui // KOSHU EISEI KENKYU.= Bull. Inst. Public. Health, 1994, 43, № 3, p. 365-366.

Содержание

Введение....3
1. Принципы и методические основы эколого-геохимических исследований....8
2. Аккумуляторная промышленность....20
2.1. Характеристика изделий....20
2.2. Общая оценка аккумуляторного производства как источника загрязнения среды обитания....22
2.3. Геохимические особенности воздействия аккумуляторных заводов на окружающую среду....28
2.4. Гигиенические последствия воздействия аккумуляторного производства на среду обитания....45
2.5. Краткие выводы....49
3. Кабельная промышленность....50
3.1. Характеристика изделий....52
3.2. Общая оценка воздействия кабельного производства на окружающую среду....56
3.3. Эколого-гигиенические аспекты использования изоляционных материалов....60
3.4. Краткие выводы....67
4. Светотехническая промышленность....69
4.1. Характеристика изделий....70
4.2. Воздействие электроламповых заводов на. окружающую среду....78
4.3. Влияние заводов по производству светотехнических изделий на среду обитания....90
4.4. Светотехническая промышленность и загрязнение окружающей среды ртутью....95
4.5. Краткие выводы....100
5. Электротехническое машиностроение, производство электро-оборудования, электротехнических изделий и материалов....102
5.1. Электротехническое машиностроение....102
5.2. Производство электрооборудования и электроаппаратуры....106
5.3. Производство полупроводниковых изделий....109
5.4. Производство электротехнических материалов....111
6. Экологические аспекты производства и использования бытовых химических источников тока....114
6.1. Характеристика изделий....114
6.2. Гальванические элементы как источники поступления ртути и других поллютантов в окружающую среду....115
6.3. Особенности воздействия предприятий по производству ХИТ на среду обитания....119
6.4. Краткие выводы....122
7. Электротехническая промышленность и загрязнение среды обитания органическими поллютантами....123

7.1. Эколого-гигиенические аспекты загрязнения
окружающей среды ПХБ.....124
7.1.1. Общая характеристика ПХБ.....124
7.1.2. Применение и источники поступления ПХБ
в окружающую среду.....125
7.1.3. Важнейшие свойства и особенности поведения ПХБ
в окружающей среде.....129
7.1.4. Токсическое действие ПХБ на живые организмы.....133
7.1.5. Особенности и пути воздействия ПХБ на человека.....136
7.1.6. ПХБ в России.....142
7.2. Полихлорированные терфенилы и бромпроизводные бифенила.....150
7.3. Хлорнафталин и гексахлорбензол.....151
7.4. Растворители и лакокрасочные материалы.....152
7.5. Полихлорированные дибензо-*n*-диоксины и дибензофураны.....155
7.6. Краткие выводы.....160
8. Гигиенические аспекты использования силикатов
в электротехнической промышленности.....161
9. Электромагнитное излучение как экологический фактор.....167
10. Влияние электротехнических предприятий на городскую среду.....176
10.1. Краткая характеристика района работ.....176
10.2. Воздействие электротехнических заводов на атмосферу
и наземные экосистемы города.....183
10.2.1. Химические элементы в пылевых выбросах.....183
10.2.2. Химические элементы в городских почвах.....189
10.2.3. Металлы и органические соединения в атмосферном воздухе....198
10.2.4. Химические элементы в растительности.....202
10.3. Химические элементы в водных системах.....203
10.4. Гигиенические последствия загрязнения городской среды.....210
10.5. Краткие выводы.....215
11. Проблемы утилизации отходов производства
и потребления.....216
11.1. Способы утилизации отходов.....218
11.2. Переработка и утилизация отходов производства
и потребления в электротехнической промышленности.....222
11.2.1. Утилизация источников света.....227
11.2.2. Утилизация бытовых химических источников тока.....233
11.2.3. Переработка ПХБ.....235
11.2.4. Утилизация свинцовых аккумуляторов.....236
11.3. Демеркуризация помещений.....238
12. Проблемы рационального использования электроэнергии.....239
Заключение.....252
Литература.....262

Янин Евгений Петрович
Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты)

Издательство АО "Диалог-МГУ".
ЛР N 063999 от 04.04.95
Подписано к печати 05.05.98 г.
Усл.печ.л. 17,25. Тираж 175 экз. Заказ 578.
Тел. 939-3890, 939-3891, 928-1042. Тел./Факс 939-3891.
119899, Москва, Воробьевы горы, МГУ.