

**Янин Е.П. Кабельная промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты) // Экологическая экспертиза, 2004, № 4, с. 2-19.**

Введение

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. В частности, электрические провода используются при сооружении линий электропередачи (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.

Сооружение и эксплуатация кабельных линий электропередачи обходятся дороже так называемых воздушных, причем стоимость их резко возрастает с увеличением класса напряжения. Именно поэтому при передаче энергии на дальние расстояния предпочтение отдается воздушным линиям электропередачи. Но, тем не менее, и в этих случаях силовые кабели находят применение при пересечении водных пространств, для вывода мощности и схемных соединений на электростанциях и т. п. Основным преимуществом кабельных линий является их высокая надежность. Так, если для воздушных линий 110 кВ повреждаемость равна примерно 2 км/год, то для кабельных линий такого же напряжения с маслонаполненным кабелем низкого давления только 0,016 км/год [10]. 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 г. Москве 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, особенно в крупных городах, 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 на-

пряжения, а также использование малогабаритного комплексного элегазового оборудования (элегаз - химическое соединение SF<sub>6</sub>, применяемое в качестве изоляционного наполнителя в комплексном высоковольтном оборудовании). 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. Так, 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, например, превышает потери энергии при транспортировке каменного угля по железной дороге [13]). Это обуславливает 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 более 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, Прохладном, 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.

Производство и использование кабельной продукции, как и любые другие виды хозяйственной деятельности, сопровождаются определенным негативным влиянием на среду обитания. Однако в отечественной литературе, за редким исключением, практически отсутствуют работы, в которых были бы систематизированы данные, отражающие различные аспекты воздействия кабельной промышленности на окружающую среду. В предлагаемой работе предпринята попытка, хотя бы отчасти, восполнить этот пробел.

#### Общая характеристика кабельного производства и изделий

В кабельном производстве используются десятки и сотни тонн разнообразного сырья, материалов и веществ: катанка медная, прокат латунный и алюминиевый, фольга алюминиевая, синтетические смолы и пластикаты (пропилен, полиэтилен, поливинилхлорид - 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. Это в суще-

ственной мере и предопределяет достаточно широкий спектр загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах, отхода и сточных водах заводов по производству кабельных изделий и сопутствующих товаров.

Например, в середине 1990-х гг. завод «Уфимкабель» (более 900 рабочих) ежегодно использовал более 1 т олова и 1400 т рафинированной меди, около 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» (более 1600 рабочих) ежегодное потребление пластикатов достигало 1671 т, рафинированной меди 2300 т; на заводе «Чувашкабель» (1000 рабочих) потребление медной катанки составляло 3000 т, алюминиевой катанки 120 т; завод «Рыбинсккабель» (3000 рабочих) использовал до 20000 т медной катанки, 470 т лаков, 1300 т пластикатов, 450 т полиэтилена, 244 т каучуков [2]. На Саранском кабельном заводе, специализирующемся 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, в технологических процессах используются полиэтилен, ПВХ-пластикат, Pb, Sn, Al, соединения Zn, припой Sn-Pb, винилхлорид, серную, азотную, уксусную кислоты, ацетон, толуол, этилацетат, триэтанолламин, спирты, бутилацетат, фенол, формальдегид, канифоль, битум и др. Наиболее вредными производствами являются травление, лужение, обработка металла резанием, окраска, процесс волочения и протягивания проволоки через расплав термопласта, битума, пайка, склейка и литье полиэтилена, прессование и протягивание изолированной жилы через расплав свинца и расплав алюминия, разрушение в закалочной печи обмоток электродвигателей, электрическая зарядка кислотных аккумуляторов. 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. [34].

Специфика производства кабелей, проводов и эмальпроводов проявляется в том, что в атмосферный воздух поступают разнообразные 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 [21]. В производстве оптических кабелей применяют оптическое волокно, поликарбонат, полиэтилен, ПВХ, стальную ленту и проволоку, стеклопластик. В выбросах и отходах кабельного производства содержатся вещества, обла-

дающие канцерогенным действием (винилхлорид, бенз-а-пирен, асбест, кадмий и его соединения, формальдегид, минеральные масла, полихлорированные бифенилы - ПХБ).

Еще в 1960-70 гг. мировое потребление свинца в кабельном производстве достигало 10-11% от общего его использования (что составляло несколько сотен тысяч тонн в год). В последние годы применение свинца и его сплавов в кабельной промышленности постоянно снижается. В настоящее время производство кабелей с позиций воздействия этого металла на человека уже оценивается как средняя степень опасности [7, 22], хотя во многих случаях в отношении воздействия на профессиональных рабочих оно может быть оценено как относительно опасное.

Нередко загрязнение производственной среды на кабельных заводах связано с деятельностью сопутствующих цехов. Например, насосно-аккумуляторные станции, имеющиеся на заводах, являются источниками загрязнения производственной среды ртутью. Как известно, в гидробаллонах некоторых моделей насосов содержится до 50 кг этого металла. Известен случай, когда на кабельном заводе в г. Перми при чистке ртутных коробок произошел выброс ртути, что обусловило интенсивное загрязнение воздуха рабочих помещений парами металла до концентраций в 20-30 ПДК («Труд», 13.02.1987).

Различают несколько разновидностей электрических проводов, которые могут быть изолированными или неизолированными, одножильными или многожильными [16, 19, 32]. 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 сталеалюминевые 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-волоконистой, бумажной, хлопчатобумажной, пленочной и стекловолоконистой 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 быто-

вых электро- и радиоприборах. Особой разновидностью электропроводов являются эмальпровода, представляющие собой проволоку круглого (диаметр до 2,5 мм) или прямоугольного (площадь до 30 мм<sup>2</sup>) 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 практически всех типов имеют общие конструктивные элементы: токопроводящие жилы, изоляцию и оболочку [10, 15, 18, 19, 32]. Токопроводящие жилы кабелей изготавливаются из алюминия или меди, 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 свинца, алюминия, 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 маслोकанифольным составом бумажной изоляцией (маслонаполненные кабели). В настоящее время 85% силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией и пластмассовой изоляцией на напряжение 1 кВ и выше изготавливаются с алюминиевыми токопроводящими жилами. В России кабели выпускаются в алюминиевой (чаще) и свинцовой (реже) оболочках. Свинцовые оболочки для увеличения вибростойкости содержат сурьму, теллур и другие компоненты. Известны кабели с отдельно освинцованными медными или алюминиевыми жилами с экранами из полупроводящей бумаги, алюминиевой или медной фольги. За рубежом широкое распространение получили газонаполненные кабели, в которых используется газ как в виде изолирующей среды, так и

для создания избыточного давления в изоляции. Считается, что у таких кабелей большое будущее. В России они практически не выпускаются и не применяются.

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 пластика (ПВХ-пластиката). Пластмассовая изоляция накладывается на токопроводящие жилы либо методом обмотки лентами, либо методом 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 сурьмы. Для предохранения кабелей от растягивающих усилий могут применять так называемую 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 являются резины на основе бутилкаучука, этиленпропиленового и хлоропренового каучука. В нашей стране основную массу выпускаемых 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 свинца, ПВХ или шланговой резины. При необходимости применяют различные упрочняющие и защитные покрытия.

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 маслонаполненных кабелей состоит из лент кабельной бумаги, пропитанных дегазированными минеральными или синтетическими маслами, чаще всего маловязким неф-

тяным изоляционным маслом (в состав кабельных масел совсем недавно входили токсичные полихлорированные бифенилы). Обычно масло для пропитки изоляции маслonaполненных 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 маслonaполненные кабели высокого давления в стальных трубопроводах, заполненных кабельными маслами.

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 маслonaполненных кабелей низкого давления для обеспечения большей чистоты поверхности лудятся. Скрутка жил силовых кабелей производится на крутильных машинах (клетевых, 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°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 алюминий и свинец, иногда сталь и медь. Свинцовая оболочка содержит примеси меди (0,03-0,05%), олова и сурьмы (по 0,15-0,3%), другие химические элементы, в том числе кадмий и мышьяк. В отечественной промышленности широко применяется свинцовый сплав, содержащий сурьму (0,15-0,30%) и олово (0,35-0,50%). Наилучшими характеристиками обладает свинцовый сплав, включающий олово (0,15-0,22%), медь (0,024-0,03%), тел-

лур (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°C). Для увеличения гибкости алюминиевые, стальные и медные оболочки часто гофрируются.

Для предупреждения коррозии металлических и пластмассовых оболочек и их механической защиты кабели имеют наружные антикоррозионные покровы (включающие следующие элементы - подушку, броню и наружный покров), которые представляют 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 бериллия, но из-за его высокой стоимости (и токсичности) основными криопроводниками в настоящее время по-прежнему остаются медь и алюминий. Как сверхпроводники перспективны ванадий и его соединения с оловом, а также соединения ниобия с галлием, германием и алюминием. В качестве изоляции для крио- и сверхпроводящих кабелей может применяться либо жидкий хладагент, либо слоистая изоляция, пропитанная последним.

При 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 применяют эпоксидный компаунд, состоящий из эпоксидной смолы и пластификатора (полиэфир, 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.

Особенности воздействия кабельного производства на окружающую среду

С эколого-геохимических позиций воздействие кабельных заводов на окружающую среду изучено очень слабо. Имеющиеся в литературе данные разрозненны и единичны. Тем не менее они показывают, что в районах таких предприятий формируются относительно обширные зоны техногенного загрязнения, характеризующиеся повышенными концентрациями многих химических элементов и их соединений в различных компонентах окружающей среды.

Так, в районе Московского кабельного завода (2500 рабочих, основан в 1911 г., производит широкий ассортимент кабельной продукции, разнообразные провода, изделия из медного проката) в почвах наблюдались высокие содержания Cu, Zn, Pb, Sn, Ni и Cd, т. е. химических элементов, типичных для технологических процессов данного производства [3]. Ведущим элементом техногенной геохимической ассоциации, свойственной верхнему слою почв, закономерно являлась медь, уровни содержания которой достигали 5000 мг/кг (в 160 раз выше ее содержания в фоновых, природных почвах). Вблизи завода в приземном слое атмосферного воздуха отмечались также высокие концентрации различных органических веществ.

В зоне влияния завода «Микропровод» (г. Кишинев) в почвах наиболее интенсивно концентрировались Cu (коэффициент концентрации относительно фона  $K_C = 7$ ), Zn (4), Sn (3), Pb (3), Ni (2) [12]. По данным [6], основными источниками загрязнения окружающей среды в г. Томске являются выбросы заводов «Сибкабель» (более 2500 рабочих; производит силовые и контрольные кабели, установочные провода, электрошнуры), «Эмальпровод» и «Сибэлектромотор», в которых присутствуют свинец, хром, цианистые соединения, бенз-а-пирен. Интенсивность выпадения свинца из атмосферы на подстилающую поверхность в городе составляла в среднем 10,9 мг/м<sup>2</sup>/год (в пригородных районах - от 0,2 до 2,4 мг/м<sup>2</sup>/год). В районе Подольского кабельного завода (г. Подольск Московской области) отмечено загрязнение городской среды диоксинами, причем поступление их со снегом (зима 1995-1996 гг.) составляло 0,02-0,26 нг/м<sup>2</sup> [6].

Наиболее детально изучены эколого-геохимические особенности воздействия на городскую среду уже упоминаемого выше завода «Саранскабель», расположенного в г. Саранске [34-36, 38, 39]. Так, результаты почвенной съемки показывают, что в почвах в окрестностях завода наиболее интенсивно концентрировались Pb ( $K_C = 9$ ), 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 ( $K_C = 5$ ), Cd (4), Zn (3), Pb (3) (табл. 1, 2). Как видим, воздействие данного предприятия проявляется в повышенной поставке химических элементов, характерных для зон влияния кабельных производств в Москве, Кишиневе, Томске. Исключение составляют висмут и молибден, более интенсивно концентрирующиеся

ся в почвах около завода в г. Саранске, что, очевидно, связано со спецификой производственных процессов.

Таблица 1. Геохимические ассоциации в почвах промышленных зон г. Саранска

Завод	Порядок значений коэффициентов концентрации $K_C$ элементов относительно их фоновых содержаний в почвах					
	> 300	300-100	100-30	30-10	10-3	3-1,5
Электроламповый*	Hg	Cd	Pb-Sb-Ag	Mo-Tl-W-Zn	Sn-Cu-Ba-Cr-Ge-Bi-Co	V-Ni-Be-As-B-P
Кабельный**	-	-	-	-	Pb-Bi-Cu-Sn-Mo-P-Sr	Zn-V-Cr

\* Пробы верхнего слоя почв отбирались непосредственно на территории завода (среднее из 30 проб); \*\* пробы отбирались вблизи завода (среднее из 15 проб).

Таблица 2. Тяжелые металлы в листьях березы, мг/кг сухой массы

Промзона заводов	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb
Электролампового	5	9	150	1,3	0,9	7
Кабельного	5	21	110	0,5	0,2	7
Пригородный фон	4	4,4	35	0,4	0,05	2,5

Действительно, исследование химического состава промышленной пыли (из вентиляционных систем и из цехов завода) показало, что различные ее разновидности существенно обогащены этими элементами, концентрации которых превышают их уровни в природных почвах и не уступают таковым в пыли крупного электролампового завода (производство ламп накаливая и ртутных ламп), также расположенного в г. Саранске (табл. 3, 4). Показательно, что в них наиболее интенсивно концентрируются металлы, широко используемые в кабельном производстве (Cu, Sn, Pb, Sb, Cd, Zn). Например, абсолютные концентрации меди в пыли достигают 4000-6000 мг/кг, цинка 2000-3600г, олова 500-4600, свинца 2000-3300, сурьмы 35-200 мг/кг. Обращают на себя внимание высокие уровни W, Hg и Ag. Характерно присутствие повышенных содержаний бария (термостабилизатор в ПВХ). Следует отметить, что объемы пылевых выбросов кабельных заводов в атмосферу, как правило, относительно невелики. Однако, как видим, поступающая в окружающую среду промышленная пыль характеризуется высокими концентрациями широкого круга химических элементов, что и обуславливает формирование в районе таких заводов устойчивых зон техногенного загрязнения, фиксируемых интенсивными геохимическими аномалиями в почвах.

Разовые наблюдения свидетельствуют также о том, что в атмосферный воздух кабельные заводы выбрасывают довольно разнообразный спектр различных газообразных органических соединений (табл. 5).

Таблица 3. Среднее содержание химических элементов в пыли электротехнических предприятий, мг/кг

Элемент	Электроламповый завод		Кабельный завод		Фоновые почвы
	1	2	1	2	
B	-	-	22	50	20
Sc	-	-	5	3	7
Ti	-	-	3000	1500	5000
V	-	-	35	100	90
Cr	50	46	240	150	70
Mn	290	5300	650	800	1000
Co	10	10	10	20	8
Ni	65	56	160	30	50
Cu	120	4700	44000	6000	30
Zn	710	2600	3600	2000	90
Ga	-	-	10	6	20
Ge	-	-	3	3	1,2
As	-	-	5	5	6
Sr	-	-	100	100	250
Y	-	-	10	3	40
Zr	-	-	100	50	400
Nb	-	-	3	3	10
Mo	5	1,5	11	6	1,2
Ag	0,06	0,05	1,3	0,6	0,05
Cd	2	1700	40	3	0,35
Sn	-	-	4600	500	4
Sb	-	-	200	35	1
Ba	-	-	800	800	500
W	-	-	20	200	1,5
Hg	2	-	0,4	0,3	0,06
Pb	-	4200	3300	2000	15
Bi	-	-	3	5	0,2

Примечание. Здесь и далее в таблицах: пыль – 1 - вентиляционная (из вентиляционных систем рабочих помещений); 2 - пылесметы (пыль с различных поверхностей в производственных цехах); прочерк означает, что данные отсутствуют.

Таблица 4. Геохимические ассоциации в промышленной пыли

Завод	Пыль	Порядок значений $K_C$ химических элементов относительно их фоновых содержаний в почвах					
		> 300	300-100	100-30	30-10	10-3	3-1,5
Электроламповый	1	-	-	Zn-Hg	-	-	Cd-Mo-Cu
	2	Cd-Pb	Cu	-	Zn	Mn	-
Кабельный	1	Cu-Sn	Pb-Sb	Zn	Ag-Bi-W	Mo-Hg-Cr-Ni	Ba
	2	-	Cu-Pb-W-Sn	Sb	Bi-Zn-Ag	Hg-Mo	Cd-Ge-Co-B-Cr-Ba

Таблица 5. Органические соединения в приземном слое атмосферном воздухе в зоне влияния кабельного и электролампового заводов, г. Саранск, мкг/м<sup>3</sup>

Компонент	Электроламповый	Кабельный	Региональный фон
C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub>	40	150	30
бутан	20	12	3
пентан	54	8	5
2-метилбутан	17	18	15
2-метилпентан	51	17	13
3-метилпентан	15	0,3	0,2
2-метилгексан	4	2	1
3-метилгексан	11	16	3
2,4-диметилпентан	27	3	14
2-гексен	-	1	-
1-гептен	-	1	0,5
циклогексан	90	-	0,4
метилциклопентан	13	3	1
изомеры C <sub>7</sub>	77	10	3
3-метилгептан	12	9	8

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».

Обычно на кабельных заводах используется обратная и прямоточная система водоснабжения, состоящая из трех сетей: хозяйственно-питьевой, производственно-свежей и оборотной воды [27]. Для отвода стоков применяют три канализационные сети: производственных сточных вод, 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. 6).

Таблица 6. Типичный состав сточных вод кабельных заводов, мг/л [27]

Показатель	До очистки	После очистки	Типичный фон в воде малых рек
Взвешенные вещества	до 4000	20	20-40
Эфирорастворимые	до 300	1-5	-
рН	3-7	8,5	7-8
Сухой остаток	300-1200	-	200-400
Сульфаты	до 200	-	10-15
Хлориды	до 70	-	8-12
Медь	до 60	0,001	0,00762 *
Свинец	до 3	до 0,1	0,0022 *
Железо	до 1	0,5	0,270 *
Хром	до 1,5	до 0,6	0,003 *
Цинк	до 1,5	до 0,01	0,0285 *
Цианиды	до 0,05	Отсутствуют	-
БПК (мгО <sub>2</sub> /л)	до 150	до 15	-

\* Фон в реках Московской области [37].

Используемые в кабельной промышленности различные смолы, пластмассы, канифоли, лаки, эмали и т. п. в определенных условиях могут быть опасны для человека, особенно в производственных условиях, поскольку содержат токсичные соединения. Например, при применении эпоксидных смол воздух рабочих помещений загрязняется исходными продуктами и другими ингредиентами, использованными для получения смолы. Многие из названных веществ обладают раздражающими, общетоксическими, сенсibiliзирующими 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 [14]). В России формальдегид стал объектом первого гигиенического регламента, установленного для токсического вещества в воздухе жилища: предельно допустимая концентрация формальдегида принята равной  $0,01 \text{ мг/м}^3$  [8]. При изготовлении некоторых герметизирующих материалов (компаунда), используемых для механической и электрической защиты некоторых изделий, применяется оксид бериллия [1]. 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  $\text{TiO}_2$ , цинковые белила. Многие из названных веществ обладают выраженной токсичностью для человека.

#### Эколого-гигиенические аспекты использования изоляционных материалов

Широкое использование для изоляции кабелей и проводов разнообразных синтетических покрытий (резины, поливинилхлорида, полиэтилена, фторопластов, смол, лаков, эмалей, красок, мастик и др.) предопределяет возникновение серьезных эколого-гигиенических проблем как при производстве кабельной продукции, так и при использовании и утилизации соответствующих 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, что позволяет уменьшить размеры и металлоемкость аппаратуры и силовых кабелей, снизить диэлектрические потери. С целью повышения устойчивости к электрическому пробое и увеличения срока смены масел (до 10 и более лет) в них вводят различные присадки (0,2-0,5%). Мировое производство изоляционных (кабельных, трансформаторных, конденсаторных) масел превышает 21 млн. т в год, в том числе синтетического масла 50 тыс. т в год (1987 г.) [29]. В недавнем прошлом основу некоторых синтетических масел, используемых для пропитки электроизоляционных материалов, составляли токсичные полихлорированные бифенилы и родственные им соединения [17, 33]. При изготовлении электрошнуров применяются различные полиэферы 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 [4]. 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, тионафтонов 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 (дифторфосгеном, фторхлорфосгеном, фтористым водородом и др.). При вдыхании дисперсной пыли у рабочих может развиваться так называемая полимерная лихорадка. Экспериментально установлено, что причиной ее возникновения являются как аэрозоль фторопласта, так и газообразные продукты его термоокислительной деструкции [23], 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 [4]. Продукты деструкции фторопласта при нагревании свыше 400°C 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.) [9, 30]. Получают его полимеризацией винилхлорида. ПВХ и сополимеры винилхлорида составляют около 75% рынка полимеров (а с эфирными пластификаторами - до 90%). Мировое производство ПВХ превышает 12 млн. т в год. В различных странах от 13 до 25% всего объема ПВХ используется в кабельной промышленности. ПВХ перерабатывают как в жесткие (винилпласт), так и в мягкие, или пластифицированные (пластикат), материалы и изделия.

Пластикат используется для изготовления изоляции и оболочек электропроводов и кабелей, выпускается в виде гранул, лент, листов, пленок (полимерные пленки) и в общем случае содержит: 1) различные термостабилизаторы - акцепторы HCl (соединения Pb, Sn, Ba, Cd, 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, себаценовой или адипиновой кислот,

хлорированные парафины). Используемый в качестве сырья для производства ПВХ винилхлорид (хлорвинил, мнхлорэтилен) содержит примеси ацетилен, ацетальдегида, дихлорэтана, хлорпрена и др. (не более тысячных долей процента), HCl, Fe (десятитысячные). Содержание, например, стеарата свинца 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°C), при сжигании и пожарах происходит окисление пластификаторов. В присутствии кислых эфиров и кислот пластификаторы 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 обуславливает образование диоксинов, хлорводорода, выделение тяжелых металлов, органических соединений.

В воздух производственных помещений, где используется ПВХ, поступает значительное количество пыли этого пластика [23]. При переработке ПВХ воздушная среда загрязняется также хлорвинилом, эфирами фосфорной и фталевой кислот и др. Парогазовоздушные смеси, образующиеся в результате термоокислительной деструкции ПВХ, могут быть причиной острых и хронических профессиональных отравлений, 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 аллергии. 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, гиперемии 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 [20]. В России это соединение включено в список веществ с доказанной для человека канцерогенностью [14]. 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<sup>3</sup>. 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) [31]. Сжигание оболочек проводов и кабелей может сопровождаться эмиссией в атмосферу этих токсичных соединений.

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 [13]. Как пластификаторы ПВХ эти соединения (трикрезилфосфит) многократно служили причиной массового отравления. Например, использование зараженного ими растительного масла в Марокко вызвало более 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 [31]. Фталаты составляют более 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 [31]. 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 качестве 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). В литературе достаточно детально рассмотрено 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 [31]. Вблизи мусоросжигательных печей в Канаде их концентрации составляли  $700 \text{ нг/м}^3$  (ДБФ) и  $300 \text{ нг/м}^3$  (ДЭГФ). В атмосферном воздухе (Нью-Йорк) содержания ДБФ достигали (в 1977 г.)  $4-6 \text{ мкг/м}^3$ , ДЭГФ -  $10-17 \text{ мкг/м}^3$ . В районе предприятия по переработке пластмасс содержания фталатов были экстремально высокими (до  $10 \text{ мг/м}^3$ ). В воздухе рабочих помещений по производству искусственных кож они могут достигать  $1-5 \text{ мг/м}^3$ ; в сточных водах производства ДБФ -  $1000 \text{ мг/л}$  [26]. В окрестностях заводов по производству искусственных кож концентрации фталатов в воздухе составляли более  $0,05 \text{ мг/м}^3$ , причем зона влияния прослеживалась до 2 км. Фталаты обнаружены в воздухе над Мексиканским заливом ( $0,4 \text{ нг/м}^3$  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  $\text{нг/л}$ . По данным для Швеции, влажное и сухое осаждение на почву составляет для ДБФ  $202 \text{ мкг/м}^2/\text{год}$ , а для ДЭГФ -  $285 \text{ мкг/м}^2/\text{год}$ , 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 [31]. 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  $\text{ppv}$ , а у побережья - 0,13  $\text{ppv}$ , тогда как в воде некоторых озер шт. Онтарио они достигали 300  $\text{ppv}$ . Донные отложения Мексиканского залива содержали до 2  $\text{ppv}$ ; р. Рейн - 7-71  $\text{ppm}$  ДЭГФ. В Японии в речном иле в 1979 г. обнаружено 300-600  $\text{ppv}$  ДБФ и 80-1360  $\text{ppv}$  ДЭГФ. В осадках сточных вод, как правило, аккумулируются менее растворимые фталаты; где их концентрации варьируются в пределах 0,42-58000  $\text{ppm}$  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  $\text{ppm}$  относительно количества жира). Концентрации этих соединений в рыбе из загрязненных вод могут приближаться к  $0,3 \text{ мг/кг}$ .

Фталаты относительно устойчивы к микробиологической и фотоокислительной минерализации [28]. 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 [13]. 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, где они при высоких содержаниях в воздухе (выше ПДК) 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 [23]. Опасным считается совместное действие фталатов, ПВХ-смолы, соединений свинца, хлороводорода и оксида углерода. В большинстве случаев у рабочих, имеющих контакт с ПВХ-материалами и их компонентами (фталатами, хлорвинилом и др.) отмечались различные отклонения в состоянии здоровья. Так, в производстве кабельного пластика 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 [26]. Выявлена прямая зависимость заболеваний нервной системы у работающих от стажа и концентрации фталатов в воздухе рабочей зоны; достаточно выражено влияние этих соединений на генеративную функцию женщин и эмбрион. Тем не менее данных для окончательной оценки токсичности фталатов все еще недостаточно

В современных городских инженерных коммуникациях объем и концентрация электрических кабелей постоянно возрастают, что, в частности, приводит к увеличению риска

пожара [5]. 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 газовой выделения при горения кабелей. Кабельные материалы при температуре около 300°C выделяют токсичные продукты, которые негативно воздействуют на человека и выводят из строя различное оборудование [10]. 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.

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<sup>3</sup> (допустимый уровень 0,05 мг/м<sup>3</sup>). При температуре -1°C они обнаруживались в концентрации 0,5 мг/м<sup>3</sup> [25]. 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 [11]. Выделение летучих соединений из полимерных материалов линейно зависит от температуры воздуха [24]. В частности, с повышением температуры до 40°C эмиссия летучих соединений из ПВХ-материалов возрастает в 2-8 раз. Многие исследователи считают недопустимым одновременное использование большого количества полимерных материалов в жилых помещениях.

### Заключение

Эколого-геохимические последствия влияния кабельных заводов на окружающую среду изучены еще недостаточно полно. Тем не менее 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 присутствии в выбросах высоких концентраций тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Sn, Zn, Ba, Bi, Ag, W, Mo, Hg, Sb,) редких элементов (As, Te), пыли полимеров, органических соединений (фта-

латы, 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, асбест, формальдегид, ПХБ, минеральные масла, соединения Cd, As и Cr).

Заводы этой отрасли характеризуются наличием вредных производственных процессов и постоянным присутствием в воздухе рабочих помещений высоких концентраций различных токсичных поллютантов (химических элементов, органических веществ, паров кислот, пыли полимеров), что потенциально определяет высокий риск возникновения профессиональных интоксикаций и заболеваний у рабочих.

В зонах влияния кабельных заводов в различных компонентах окружающей среды наблюдаются относительно интенсивные 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 присутствуют повышенные концентрации летучих органических соединений; не исключено также загрязнение среды обитания диоксинами. Тем не менее, имеющиеся данные свидетельствуют, 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 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. 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 ПХБ 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.

С рассматриваемых позиций для России чрезвычайно актуальными задачами являются: а) проведение эколого-геохимических и гигиенических исследований в зонах влияния крупных 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.

### Литература

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.
- 13.
- 14.
- 15.
- 16.
- 17.
- 18.
- 19.
- 20.
21. 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.
- 22.

- 23.
- 24.
- 25.
- 26.
- 27.
- 28.
- 29.
- 30.
- 31.
- 32.

33. Янин Е.П. Полихлорированные бифенилы в окружающей среде (эколого-гигиенические аспекты). - М.: Диалог-МГУ, 1997. - 35 с.

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

35. Янин Е.П. Ртуть в пылевых выбросах промышленных предприятий // Ртуть. Комплексная система безопасности. Сборник материалов 3-й научно-технической конференции. - СПб., 1999, с. 26-30.

36. Янин Е.П. Химические элементы в пылевых выбросах электротехнических предприятий // Медицина труда и промышленная экология, 2000, № 8, с. 24-27.

37. Янин Е.П. Русловые отложения равнинных рек (геохимические особенности условий формирования и состава). - М.: ИМГРЭ, 2002. - 139 с.

38. Янин Е.П. Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды города Саранска. Состав техногенного загрязнения // Экологический вестник Мордовии, 2002, № 1, с. 25-33.

39. Yanin E.P. Electrical Engineering Industry and the Urban Environment (man-made pollution and ecological effects). - Moscow: Dialog-MGU Publ., 1998. - 37 p.