

Янин Е.П. Экологические аспекты использования органических растворителей и лакокрасочных материалов в электротехнической промышленности // Ресурсосберегающие технологии, 2010, № 12, с. 3–13.

В настоящее время известно около 2 млн. искусственных органических соединений, ежегодно синтезируется еще около 250 тыс. новых веществ. В промышленных масштабах выпускается примерно 70 тыс. органических веществ, объем производства которых достигает сотен миллионов тонн в год. Например, годовое производство только шести соединений (этилен, пропилен, бутadiен, бензол, толуол, ксилол) в конце 1980-х гг. превышало 25 млн. т [28]. Около трети органических соединений, большинство из которых являются ксенобиотиками, в конечном счете попадает в окружающую среду и обладает высокой потенциальной опасностью для живых организмов и биосферы в целом. Мировое производство лакокрасочных материалов (лаков, эмалей, красок) составляет около 20 млн. т в год, причем более 50% всех лакокрасочных покрытий используется в машиностроении [22]. В России в 1999 г. доля потребления продукции лакокрасочной промышленности в машиностроении составила 8% [15]. В США выпускается более 5 млн. т/год различных лакокрасочных материалов, при этом доля материалов промышленного назначения составляет 30% по объему и 45% по стоимости [19]. Лакокрасочной промышленностью России в 2007 г. было произведено 774,5 тыс. т материалов [16], а их потребление составило 1036 тыс. т [17].

Органические растворители и лакокрасочные материалы в достаточно значимых объемах используются в электротехнической промышленности. В ходе различных технологических операций они способны поступать в среду обитания в составе выбросов, стоков и отходов. Например, в середине 1990-х гг. Ардатовский светотехнический завод (Мордовия) ежегодно выбрасывал в атмосферу до 70-80 т ксилола, 11 т уайт-спирита и других растворителей; в г. Саранске с выбросами электролампового завода в окружающую среду ежегодно поступало до 7-11 т/год бутилацетата, более 4 т трихлорэтилена, с выбросами завода по производству специальных источников света и электровакуумного стекла – 2-4 т ацетона, 2-5 т бутилацетата; в выбросах кабельного завода присутствовали бутилацетат, этилацетат, ацетон, спирты, толуол [25]. Использование этих веществ связано с такими технологическими операциями, как обезжиривание, очистка, пайка, травление, окраска и т. п. Многие компоненты, входящие в состав лакокрасочных являются высоколетучими компонентами, что и предопределяет постоянный риск загрязнения ими производственной и окружающей среды [14].

Все используемые в промышленности растворители по химической природе разделяют на следующие основные группы [9]: углеводороды (алифатические,

алициклические, ароматические, нефтяные, терпеновые), кетоны, простые и сложные эфиры, спирты, галогенсодержащие растворители, прочие растворители. Среди алифатических углеводородов наиболее известны пентан, гексан, гептан, среди алициклических углеводородов – циклопентан, циклогексан, ароматических углеводородов – бензол, толуол, ксилолы, сольвенты, нефтяных углеводородов – бензины, керосин, терпеновых – скипидар, кетонов (алифатических и циклических) – ацетон, метилэтилкетон, метилизобутилкетон, изофорон. К группе простых эфиров относятся производные одноатомных и двухатомных (гликолей) спиртов и их циклические соединения – диэтиловый эфир, дибутиловый эфир и др., к группе сложных эфиров – метилацетат, этилацетат, изобутилацетат, метиламилацетат и др. Широкое применение в качестве растворителей нашли алифатические спирты (метилловый, этиловый, бутиловый и др.), циклические (циклогексанол, метилциклогексанол, бензиловый спирт), двухатомные спирты – гликоли (этиленгликоль и др.). В группе галогенсодержащих растворителей известны хлороформ, четыреххлористый углерод, метилхлорид, этилхлорид и др.); реже в качестве растворителей используются нитропарафиновые углеводороды, азот- и серосодержащие соединения, а также фурановые растворители. В основном все органические растворители, за исключением ряда галогенсодержащих, относятся к легковоспламеняющимся жидкостям. Практически все растворители отличаются достаточно выраженным и даже высоким токсическим действием на живые организмы, включая человека, что проявляется в головной боли, сонливости, головокружении, в раздражении (часто в сильном поражении) кожи, глаз, верхних дыхательных путей; они воздействуют на нервную систему, оказывают нейротоксическое и наркотическое действие, способны проникать через кожу и др. [5, 6, 8, 27, 30, 32, 33, 35].

Типичным представителем ароматических углеводородов является толуол, который используется в качестве растворителя для пластических масс, нитроцеллюлозных, алкидных лаков и эмалей [24]. Толуол поражает человека через органы дыхания и кожу, вызывает нервное возбуждение, рвоту, при больших концентрациях – потерю сознания; ПДК в воздухе $0,6 \text{ мг/м}^3$, в воде $0,05 \text{ мг/л}$. В мировом масштабе эмиссия толуола при использовании в качестве растворителя оценивается в 1-1,5 млн. т [6]. Попадая в окружающую среду, он оказывается в основном в атмосфере и поверхностных водах. Особое место среди органических растворителей принадлежит ксилолам [6]. Технический ксилол представляет собой смесь изомеров, содержащих также примеси некоторых других ароматических углеводородов. Он используется в качестве растворителя лаков, красок, мастик. При пропитке изделий лаками на электротехнических заводах его содержание в воздухе рабочей зоны достигает $150-400 \text{ мг/м}^3$ (ПДК в рабочей зоне = 50 мг/м^3). Содержание ксилола в воздухе промышленных городов может составлять $0,05-0,78 \text{ мг/м}^3$ (при ПДК в $0,2 \text{ мг/м}^3$). 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 [13]. Для этого вещества характерно также наркотическое действие, вплоть до потери сознания. Длительная экспозиция к ксилолу вызывает сердечнососудистые и желудочно-кишечные 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. Бензины-растворители (уайт-спирит и др.) в электротехнической промышленности используют для удаления маслянисто-смолистых загрязнений с деталей, обезжиривания изделий и т. п. Технический керосин используется также в качестве топлива при обжиге стеклянных изделий. Бутилацетаты (бутиловые эфиры уксусной кислоты) применяют в качестве растворителей различных лакокрасочных материалов и способны активно выделяться в воздух рабочих помещений. Пары бутилацетата раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывают сухость кожи [21]. Потребление бутилацетата, например, на Саранском электроламповом заводе в середине 1990-х гг. достигало сотен килограмм в год. Основным достоинством алифатических кетонов является их высокая растворяющая способность и сравнительно малая токсичность. Широко применяемым в электротехнической промышленности растворителем является также 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 может вызывать хронические отравления [5, 6, 21]. В качестве растворителей широкое применение находят также спирты (метилловый, этиловый, этиленгликоль и др.), среди которых наибольшим токсическим действием обладает метанол, окисляющийся в организме до формальдегида и муравьиной кислоты. Токсичность многоатомных спиртов невысока, за исключением этиленгликоля, образующего в организме ядовитую щавелевую кислоту.

Для обезжиривания металлов (особенно черных) применяют тетрахлорэтилен (перхлорэтилен), который при длительном контакте оказывает токсическое действие на центральную нервную систему и печень (ПДК в воздухе рабочей зоны составляет 10 мг/м^3) [24]. Потребление трихлорэтилена на Саранском электроламповом заводе в середине 1990-х гг. достигало 23 т/год. Пары этилацетата – растворителя смоляных масляных лаков – раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, при действии на кожу вызывают дерматиты и экземы. ПДК в воздухе рабочей зоны составляет 200 мг/м^3 [6].

Люминофорную суспензию, используемую в производстве люминесцентных ламп, готовят на основе метилметакрилата (метилловый эфир метакриловой кисло-

ты), обеспечивающего закрепление люминофорного слоя на стенках трубки в процессе его нанесения. В дальнейшем это связующее вещество (биндер) удаляется (выжигается), что определяет вероятность его поступления в производственную и окружающую среду [2, 3].

В электротехнической промышленности используются также вещества, которые могут вносить определенный вклад в разрушение озонового слоя [6, 36]. Среди них фторпроизводные алканов и алкенов (применяются 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 (четырёххлористый 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 (что, главным образом, установлено в экспериментах на лабораторных животных). В производственных условиях хлорпроизводные алканов 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 них образуют фосген, хлороводород, 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 и уменьшит вклад в истощение озонового слоя. В частности, многие крупнейшие электронные и электротехнические компании мира предпринимают активные меры в этом направлении. Например, компания «*Intel*» изменила состав своих припоев и флюсов, что исключило необходимость применения хлорфторуглеродистых растворителей в технологических процессах [11]. Следует отметить, что сейчас многие электротехнические и приборостроительные компании отказываются от применения хлорированных органических растворителей, которые использовались для очистки поверхностей различных изделий от остатков припоя, флюса и других загрязнений. Так, на заводах компании «*AT and T*» внедряются новые материалы для пайки, не требующие проведения очистки [29]. К таким материалам относятся припойные пасты и флюсы для пайки, приготовленные с минимальным содержанием твердого органического компонента или содержащие вещества, полностью испаряющиеся при пайке.

Лакокрасочные материалы (лаки, эмали, краски, грунтовки, шпатлевки), которые изготовлены на основе органических веществ или для практического применения которых требуются значительные количества окисляющих растворителей, достаточно широко применяются в электротехнической промышленности [4, 21-24]. Лакокрасочные материалы (ЛКМ) используются для окраски изделий электротехнической промышленности, где первостепенное значение имеют электрические характеристики формируемых покрытий, что достигается использованием специальных пленкообразователей, растворителей, модификаторов, пигментов и наполнителей. Основной всех лакокрасочных материалов являются пленкообразующие вещества (пленкообразователи), обычно олигомеры и полимеры [23]. По происхождению различают природные пленкообразователи (например, высыхающие растительные масла, смолы природные) и синтетические пленкообразователи (алкидные, амино- и феноло-формальдегидные, эпоксидные, полиэфирные, перхлорвиниловые смолы, полиакрилаты и многие другие). Наибольшее значение имеют синтетические пленкообразователи. Применяют пленкообразователи в виде растворов в летучих органических растворителях, реже в виде дисперсий в воде или органических растворителях и аэродисперсий.

Многие краски могут содержать растворители, пластификаторы, отвердители, сиккативы, стабилизаторы, структурообразователи, матирующие вещества и другие добавки [22, 26]. Основой эмалевых красок (эмалей) служат лаки, масляных красок – высыхающие масла или олифы, силикатных красок – жидкое стекло, клеевых красок – водные растворы растительных и животных клеев, дисперсионных – дисперсии пленкообразователей в воде или органических растворителях. К дисперсионным относят также порошковые краски (аэродисперсии). Масляные лаки содержат нафтены Mn, Pb или Co и в некоторых случаях ПАВ (например, лецитин, мыла Zn, Cu, Ba), облегчающие диспергирование пигментов. Лаки, большинство из которых содержат органические растворители, представляю собой растворы пленкообразователей в органических растворителях или воде. Они могут содержать также пластификаторы, отвердители, сиккативы, матирующие вещества, растворимые красители и другие добавки. Различают алкидные лаки, полиэфирные лаки, эфирцеллюлозные лаки (включая нитролаки), а по областям применения – мебельные, консервные, электроизоляционные и др. Достаточно широкое распространение имеют ЛКМ на основе алкидных смол (продуктов взаимодействия многоосновных карбоновых кислот, многоатомных спиртов и одноосновных высших жирных кислот. В состав лаков могут входить отвердители, матирующие агенты, сиккативы (резинаты, нафтенаты, линолеаты, таллаты Co, Mn, Pb, Ca). В электротехнике используются битумные лаки (растворы пленкообразователей на основе нефтяных битумов или каменноугольных пеков), так и пигментированные материалы на их основе (для пропитки обмоток и окраски деталей электродвигателей. Полиэфирные лаки содержат реакционноспособные

растворители-мономеры, например стирол, винилтолуол и др. С точки зрения практического применения, различают пропиточные лаки, покровные лаки и эмали, а также лаки для слоистых пластиков [9]. Пропиточные лаки служат пропиточным раствором для заполнения пор, капилляров и воздушных включений в электроизоляционных материалах, применяющихся для изоляции обмоток электромашин, катушек аппаратов, трансформаторов и других электротехнических конструкций. Назначение покровных лаков и эмалей заключается в создании защитного электроизолирующего лакового покрова, предохраняющего нижележащий пропитанный слой изоляции от влияния внешних механических воздействий, влаги, минеральных смазочных масел, пыли и грязи, а также для придания красивого внешнего вида изделию или детали. Особую группу лаков составляют лаки для изготовления слоистых материалов (слоистых пластиков, цилиндров, трубок и других электроизоляционных деталей).

В рецептуру современных красок в небольшом количестве практически всегда вводят специальные добавки, которые оказывают значительное влияние на свойства ЛКМ [26]. В частности, в 2006 г. европейский рынок добавок для ЛКМ оценивался в 1,18 млрд. евро. В зависимости от функционального назначения добавки разделяют на следующие группы (в скобках доля на европейском рынке, в %): а) для повышения долговечности покрытия (30,5), б) модификаторы текучести (24,8), в) для ускорения отверждения (23,5), г) биоциды (8,9), г) поверхностно-активные вещества (6,9). Добавки-диспергаторы для водоразбавляемых ЛКМ обычно основаны на полиакриловых производных. В качестве пеногасителей часто используют растворы минерального масла. Самым многочисленным классом добавок к ЛКМ являются реологические добавки. Для органоразбавляемых ЛКМ в качестве таких добавок служат органоглины, органические производные касторового масла, производные полиолефинов, коллоидный кремнезем, органические титаниты, производные мочевины и полиуретанов. В водорастворимых ЛКМ используются различные целлюлозы и полисахариды, щелоченабухаемые акрилаты, полиэфирполиуретаны. В состав биоцидных добавок входят медь, цинк и (особенно в прошлые годы) токсичные оловоорганические соединения. В качестве ингибиторов коррозии в ЛКМ добавляют производные титановой кислоты, цинковую соль органического азотистого соединения, нитрит и бензоат натрия и др.

В зависимости от растворителя (жидкость, в которой растворяется связующее, тем самым снижая вязкость) краски бывают на растворителях (уайт-спирит, толуол, ксилол, этилгликоль) и водоразбавляемые. Растворители представляют собой жидкости, используемые для растворения природных и синтетических смол, а также для доведения красочных составов до рабочей густоты. Помимо этого, растворители применяются для разбавления загустевших лакокрасочных материалов. Все хорошие растворители обладают следующими качествами: инертность (они не вступают в реакцию с лакокрасочными материалами), лету-

честь (для полного испарения в процессе высыхания лакокрасочного слоя). Химические активные разбавители используются, главным образом, для снижения вязкости композиции. Добавление такого разбавителя также позволяет вводить в композицию большее количество наполнителя, обеспечивая при этом лучшие условия смачивания и пропитки. Большинство применяемых в лаках растворителей токсичны (ПДК 5-740 мг/м³) [22] и, например, оказывают негативное влияние на активность люцефераз (ферменты класса оксидоредуктаз) [18]. В этом отношении преимущество имеют лакокрасочные материалы, не содержащие органических растворителей (водоэмульсионные краски, порошковые краски), и ЛКМ с повышенным ($\geq 70\%$) содержанием твердых веществ. В то же время наилучшими защитными свойствами (на единицу толщины), как правило, обладают лакокрасочные покрытия и ЛКМ, используемых в виде растворов. 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 кровеносных органов. В составе битумных лаков и пигментированных материалов на их основе, используемых в электротехнике для пропитки обмоток и окраски деталей электродвигателей, содержатся канцерогенные вещества.

Окрасочные цеха электротехнических заводов (как и других предприятий) являются серьезными источниками поставки различных поллютантов в производственную и окружающую среду, в том числе, в водотоки. Известно, что сточные воды красильно-отделочных производств отличаются высокими концентрациями синтетических красителей и других сопутствующих органических веществ [20]. Анализ литературы показывает, что многие красители, содержащиеся в сточных водах окрасочных производств, могут оказывать на живые организмы токсическое действие: канцерогенное, мутагенное, аллергенное, гонадотоксическое [6, 8]. В общем случае подготовка металлических поверхностей для окраски заключается в их очистке различными способами, в том числе химическими. Последние включают [22]: 1) обезжиривание поверхности – обработка водными растворами NaOH, а также Na₂CO₃, Na₃PO₄ 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) получение металлических подслоев – цинкование или кадминирование, обычно электрохимическим способом на катоде. Химические методы обеспечивают высокое качество подготовки поверхности, но сопряжены с по-

следовательной промывкой водой и горячей сушкой поверхностей, а следовательно, с необходимостью очистки сточных вод, представляющей собой для окрасочных производств в силу специфики их качественного состава достаточно серьезную технологическую проблему [20].

В России модернизация лакокрасочных материалов идет медленнее, чем в западных странах. В нашей стране по-прежнему очень велика доля органо-разбавляемых ЛКМ, что предопределяет использование значительных объемов различных органических разбавителей (табл. 1). В последние годы в России в структуре производства лакокрасочной продукции преобладают лаки и эмали на конденсационных смолах, на долю которых приходится более 50% [1, 15]. Доля порошковых красок ничтожно мала (не более 0,3%), тогда как они имеют ряд экономических и экологических преимуществ: отсутствие растворителей, стабильность при хранении и транспортировке, высокое качество покрытий. Значительное количество ЛКМ Россия импортирует (более чем из 50 стран мира) [1]. Следует отметить, что в промышленно развитых странах производство лакокрасочной промышленности составляет порядка 10% от общего выпуска химической продукции [15]. В СССР в 1989 г. этот показатель составлял 7%. В современной России удельный вес выпуска ЛКМ колеблется в пределах 1,5-1,6%.

Таблица 1. Структура производства ЛКМ в США и России в 1990-2000 гг. [19]

Вид лакокрасочных материалов	Доля от общего производства, %	
	в России	в США
Органо-разбавляемые	90	42
Порошковые	0,1	3
Водоразбавляемые	5	44
С высоким сухим остатком	4,9	11

Экологические требования оказывают значительное влияние на сортамент лакокрасочных материалов, который изменяется в двух направлениях [19]: 1) уменьшение содержания органических растворителей; 2) удаление и замена высокотоксичных соединений в составе ЛКМ. Считается, что наиболее перспективными для противокоррозионной защиты являются лакокрасочные материалы на основе полиуретанов, полимочевины, хлорполимеров и эпоксидных смол.

Проблема утилизации органических растворителей важна как с санитарно-гигиенической, так и с экономической точек зрения. Одним из традиционных путей сокращения расхода растворителей является их рекуперация. В промышленности улавливание растворителей осуществляется конденсационным, абсорбционным или адсорбционным методом [9, 10]. Наиболее широкое применение получил адсорбционный метод, при котором растворитель поглощается из паровоздушных смесей твердыми адсорбентами с последующей десорбцией растворителя путем нагревания или пропускания водяных паров через насыщенные сорбенты.

В качестве адсорбентов в рекуперационных установках, работающих по этому методу, применяются в основном активные угли.

Обычно на предприятиях обрабатывающих отраслей промышленности отработавшие органические смеси, содержащие спирты, эфиры, кетоны, ароматические углеводороды, подвергаются термической деструкции, что составляет от 26 до 35% от общего количества их потерь в технологическом процессе [7]. Наиболее общими способами переработки жидких отходов с целью повторного использования ценных компонентов является перегонка и ректификация (периодическая или непрерывная). Ввиду того, что объемы отработавших растворителей небольшие, предпочтение отдается периодической ректификации как методу разделения данной многокомпонентной смеси. Она обеспечивает большую гибкость в отношении получаемых продуктов и требует меньших капитальных затрат. Известны различные виды регенераторов отработанных органических растворителей (в основном производимых в зарубежных странах) как для малых и средних предприятий, так и для крупных заводов [12]. Обычно такие регенераторы делятся на две категории: стандартные и взрывозащитные (предназначены для использования в опасных зонах с потенциальной возможностью образования взрывоопасной атмосферы). Принцип работы регенераторов основан на методе дистилляции. Содержание растворителей в паровоздушных смесях отходящих газов при обезжиривании, нанесении лакокрасочных материалов и сушке покрытий может составлять от 0,1 до десятков граммов в 1 м³ воздуха [9].

Повреждения кожных покровов на производстве являются наиболее распространенными профессиональными заболеваниями. По данным [37], в зарубежных странах около 65% случаев выплат по страховым полисам связано именно с производственными заболеваниями кожи. 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 и лакокрасочные материалы. Многие электротехнические предприятия, безусловно, отличаются повышенным риском развития производственных дерматитов. Особую опасность может представлять совместное действие органических поллютантов и тяжелых металлов, которые постоянно присутствуют в рабочей среде в достаточно высоких концентрациях. Например, в помещениях, где осуществляется сборка газоразрядных ламп, в воздухе присутствуют высокие содержания органических соединений, ртути и других химических элементов и соединений [2, 3].

Органические растворители и основные компоненты лакокрасочных материалов в повышенных концентрациях обнаруживаются в различных компонентах окружающей среды [31, 34, 38]. В литературе данные, характеризующие загряз-

нение среды обитания органическими поллютантами в связи с деятельностью электротехнических предприятий, практически отсутствуют. Рекогносцировочные исследования распределения органических соединений в приземном слое атмосферного воздуха в зонах влияния электротехнических предприятий Саранска свидетельствуют о присутствии в воздухе вблизи предприятий различных органических соединений, уровни содержания которых во многих случаях заметно превышают местный фон (табл. 2). Максимальные концентрации и наиболее широкий спектр соединений характерны для зоны влияния завода СИС-ЭВС (специальных источников света и электровакуумного стекла). 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.

Таблица 2. Органические соединения в приземном слое атмосферном воздухе в зоне влияния промышленных предприятий г. Саранска, мкг/м³ [25]

Компонент	СИС-ЭВС	Электроламповый	Кабельный	Электровыпрямитель	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 (прокачкой) воздуха 200 мл/мин., концентрирование веществ осуществлялось на сорбент «TENAX»; анализ проб выполнялся на хроматографах «Цвет-500» и «Экохром». Прочерк означает, что концентрации были ниже предела обнаружения.

Таким образом, электротехнические заводы потребляют значительные количества разнообразных растворителей и лакокрасочных материалов, что предопределяет потенциальную возможность их негативного воздействия на производственную и окружающую среду. 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. В результате эмиссии органических растворителей и использования лакокрасочных материалов в окрестностях электротехнических заводов в различных компонентах окружающей среды могут формироваться интенсивные зоны загрязнения. 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. Потенциальное присутствие в окружающей среде в зонах влияния электротехнических предприятий различных органических растворителей и ЛКМ должно учитываться при осуществлении экологического аудита, проведении экологических экспертиз и ОВОС, при выполнении инженерно-экологических изысканий, а также при разработке природоохранных мероприятий.

Литература

1. Анализ рынка лакокрасочных материалов в России // <http://marketing.rbc.ru>.
2. Бессонов В.В., Янин Е.П. Эмиссия ртути в окружающую среду при производстве газоразрядных ламп в России. – М.: ИМГРЭ, 2004. – 59 с.
3. Бессонов В.В., Янин Е.П. Особенности поведения ртути в технологических процессах производства люминесцентных ламп // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Мат-лы IV междун. научн.-практ. конф. Семипалатинский государственный педагогический институт, 19-21 октября 2006 года. Т. 1. – Семипалатинск, 2006, с. 113–120.
4. Воробьев А. Лаки, компаунды и эмали в электронике и электротехнике // www.platan.ru/shem/pdf/s38-401.pdf.
5. Вредные вещества в промышленности: В 3-х т.: Т. 2. – Л.: Химия, 1976. – 624 с.
6. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд. – Л.: Химия, 1990. – 732 с.

7. Горлова Н.Н., Комарова Л.Ф., Полякова Л.В. Разработка методики анализа смеси спиртов, кетонов, эфиров, ароматических углеводов и их водных смесей // *Химия растительного сырья*, 2000, № 1, с. 139–143.
8. Грушко Я.И., Тимофеева С.С. Красители и их вредное действие на организм // *Гигиена и санитария*, 1983, № 8, с. 75.
9. Дринберг С. А., Ицко Э. Ф. Растворители для лакокрасочных материалов: Справочное пособие. – Л.: Химия, 1986. – 208 с.
10. Лукин В.Д., Анцынович И.С. Рекуперация летучих растворителей в химической промышленности. – Л.: Химия, 1981. – 80 с.
11. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста: Пер. с англ. – М.: Прогресс-Пангея, 1994. – 304 с.
12. Новожилов В.Я. Регенераторы отработанных органических растворителей // *Лакокрасочные материалы и их применение*, 2008, № 8, с. 37–38.
13. Окружающая среда: энциклопедический словарь-справочник: Пер. с нем. – М.: Прогресс, 1993. – 640 с.
14. Павлов И.А. Основные пути снижения летучих компонентов лакокрасочных материалов // <http://www.rae.ru/zk/?section=rubricator&op=article&id=128>.
15. Розанова Н.М., Ряскова М.В. Исследование лакокрасочной промышленности с использованием структурного подхода // *Экономический журнал ВШЭ*, 2002, № 1, с. 45–67.
16. Рынок лакокрасочных материалов. Россия. 2007 год. // <http://marketing.e-ratings.com.ua/?level=2&target=128>.
17. Рынок лакокрасочных материалов в России: текущее состояние и перспективы развития // <http://b2blogger.com/research/report/88.html>.
18. Суковатая И.Е., Тюлькова Н.А. Эффекты органических растворителей на бактериальную биолюминесцентную реакцию // *Вестник МГУ. Сер. Химия*, 2003, № 1, с. 9–12.
19. Тимонин В.А. Экологические аспекты коррозионной проблемы // *Коррозия: материалы, защита*, 2004, № 1, с. 2–3.
20. Тимофеева С.С. Состояние и перспективы развития методов очистки сточных вод красильно-отделочных производств // *Химия и технология воды*, 1991, № 6, с. 555-570.
21. Химическая энциклопедия. В 5 т. Т. 1. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 523 с.
22. Химическая энциклопедия. В 5 т. Т. 2. – М.: Сов. энциклопедия, 1990. – 671 с.
23. Химическая энциклопедия. В 5 т. Т. 3. – М.: Сов. энциклопедия, 1990. – 639 с.
24. Химическая энциклопедия. В 5 т. Т. 4. – М.: Бол. Российская. энциклопедия, 1995. – 639 с.

25. Янин Е.П. Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты). – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 281 с.
26. Яхонтова В.И. Добавки и их роль в создании качественных покрытий // <http://www.snab.ru/lkm/02/05.pdf>.
27. Baker E.L., Seppalainen A.M. Session 3. Human aspects of solvent neurobehavioural effects. Report of the workshop session on clinical and epidemiological topics // *Neurotoxicology*, 1986; 7, p. 43-56.
28. Heinisch E., Klein S. Wege und Wirkungen chemischer Stoffe in der Okosphäre // *Spectrum*, 1990, 21, № 2, s. 20–22.
29. Guth L.A., Morris J.R. Nucleon soldering processes // *AT and T Techn. J.*, 1992, 71, № 2, p. 37–44.
30. Marquis O., Millery A., Guitonneau S., Miaud C. Solvent toxicity to amphibian embryos and larvae // *Chemosphere*, 2006, 63, p. 889–892.
31. Monitored Natural Attenuation of Chlorinated Solvents. U.S. EPA Remedial Technology Fact Sheet. EPA/600/F-98/022. May 1999. – 3 p.
32. Ogden J.A. The psychological and neuropsychological assessment of chronic organic solvent neurotoxicity: A case series // *New Zealand Journal of Psychology*, 1993, 22, p. 82-93.
33. Pauling T.L., Ogden J.A. Screening and neuropsychological assessment of spray painters at risk for organic solvent neurotoxicity // *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 1996; 2, p. 286-293.
34. Proceedings of the Symposium on Natural Attenuation of Chlorinated Organics in Ground Water. EPA/540/R-97/504. May 1997. <http://www.epa.gov:80/ordntrnt/ORD/WebPubs/natural/natural.pdf>.
35. Review of Inhalants: Euphoria to Dysfunction. NIDA Research Monograph 15. October 1977 // www.nida.nih.gov/pdf/monographs/15.pdf.
36. The US solvent cleaning industry and the transition to non ozone depleting substances // www.epa.gov/ozone/snap/solvents/EPASolventMarketReport.pdf.
36. Warren L. Occupational skin disease // *Safety and Health Pract.*, 1994, 12, № 11, p. 40–41.
37. Yazdani A. Source Reduction of Chlorinated Solvents in Electronics Industry // <http://www.p2pays.org/ref/01/00400.pdf>.