

Бессонов В.В., Янин Е.П. Эколого-гигиенические аспекты использования силикатов в электротехнических материалах и изделиях // Экологическая экспертиза, 2004, № 4, с. 25–30.

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 хризотилловый (наиболее используемый в практических целях), асбест - к слоистым (листовым) силикатам. Давно установлено, что у лиц, длительное время контактирующих с асбестом, вероятно возникновение асбестоза, гиалиноза и кальцификации плевры, рака легких, мезотелиомы, неоплазии других органов [1, 8, 9]. 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 [4]. 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 электротех-

нике. Расчеты показывают, что в последние 30-40 лет в производстве различных материалов для электротехнической промышленности ежегодно применялось порядка 20-40 тыс. т асбестового волокна. В настоящее время асбестовое волокно и асбестосодержащие материалы в электротехнической промышленности по-прежнему в той или иной степени используются при производстве электро- и термоизоляторов, изоляционных лент; материалы, содержащие асбест (обмотки, прокладки, шнуры, трубки, термоизоляционные платы и сегменты и пр.), входят в состав различных приборов и изделий. Картон с асбестовыми волокнами, пропитанный битумом, применяется в качестве защитного покрова при монтаже линий маслонаполненных кабелей высокого давления в стальных трубопроводах; в качестве материала кабелепроводов используются также асбестоцемент. Асбест входит в состав волокнитов и аминопластов, из которых изготавливаются корпуса 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, очевидно, большая часть электротехнических изделий является в отношении асбестовой опасности инертной. Определенную 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 значимых количества волокон асбеста [11]. При длительной эксплуатации таких изделий выделение асбестовой пыли может интенсифицироваться. Исследованиями Х. Возняк и др. [13], посвященных изучению влияния термически обработанного хризотил-асбеста на подопытных животных, было установлено, что он оказался более агрессивным, нежели нативный асбест. Возрастание нейтроксичности 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, поступавшего в жилую среду из электротехнических изделий [10]. Электроизоляционные материалы, присутствующие в производственных, общественных и жилых зданиях (особенно при длительной эксплуатации), также являются источником асбестовой пыли и представляют определенную угрозу для профессиональных рабочих (электриков, строителей и т. д.) и населения, особенно при широкомасштабных ремонтных работах, при наличии вибрации и т. п. Так, при ремонте изоляционных материалов волокна асбеста, поступаая в воздух, создают концентрации, превышающие гигиенические стандарты [12]. Реконструкция или снос старых зданий, как правило, сопровождается поступлением значительных количеств асбестовой пыли в среду обитания.

Таким образом, с асбестом потенциально 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 и часто экономически и технически неоправданно. 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 размещаться на оборудованных полигонах (свалках).

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 талькосодержащей пыли является листовидная, или чешуйчатая, форма частиц. Во многих разновидностях талька присутствуют включения асбестовых минералов [5]. 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 тальковой пыли 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 [2]. 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 [3]. 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 [2]. Слюдяная промышленность выпускает свыше 300 наименований слюдяной продукции, которые используются в основном в электротехнике, радиоэлектронике, электромашиностроении, электротермии [3]. Известны слюдяные электроконденсаторы, 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. Слюда 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 экстремальных условиях, типичных главным образом для слюдообрабатывающей и горнодобывающей промышленности, возможно развитие слюдяного пневмокониоза, хронического бронхита и профессиональных дерматозов [2, 7]. Можно предположить, что на электротехнических заводах степень опасного воздействия слюд 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 [7] и, по-видимому, только в производстве огнеупоров, где потребление каолинов достаточно объемно.

Карбид кремния (SiC), или карборунд, используется в качестве абразивного материала для шлифовки стекла, эбонита и металлов с низким сопротивлением разрыву, а также для изготовления нагревательных элементов, термостойких термопар, электродов, электролюминесцентных приборов. Из пористых поликристаллических материалов на связках также изготавливают различные изделия электротехнического назначения (запальные свечи, нелинейные резисторы и др.). Нитрид кремния (Si_3N_4) применяют в качестве изоляционного материала. В условиях производства при длительном вдыхании пыли карбида кремния у рабочих абразивных цехов выявлены хро-

нический бронхит, относительно доброкачественный пневкониоз, а также их сочетание, наиболее неблагоприятное в отношении функциональной патологии системы дыхания [2].

Достаточно широкое применение в электротехнической промышленности находят различные керамические и керамико-металлические (керметы) материалы и изделия из них. Так, алюмосиликатная керамика используется при изготовлении корпуса галогенных ламп; из керметов, содержащих вольфрам и титан, изготавливают цилиндры и диски в магнитотронах, клистронах и электронных лампах бегущей волны; керамика на основе SiO_2 и других оксидов - в производстве изоляторов (электротехнический фарфор); карбидную керамику и керамику на основе MgO применяют в электронагревателях, электрических печах; силицидную керамику - в электронагревателях, работающих в окислительных средах. Важно отметить, что во многих керамических материалах в относительно повышенных количествах присутствуют такие химические элементы, как Zr, Ba, Li, Ca, Sr, Ti, Ni, Co, Mn, Zn, W, Nb, Mo, что не исключает вероятности обогащения ими образующейся в ходе технологических процессов пыли. Например, в пыли цехов по производству электронагревателей с использованием указанных материалов в повышенных содержаниях присутствовали Sb (коэффициент концентрирования относительно фонового содержания в почвах достигал 100), Sn (2,9), Ni (2,5), Cu (2,2), Zn (2), Mo (2) [6]. Сегнетоэлектрические материалы изготавливают с использованием пластифицирующих добавок типа клеев и термопластификаторов (парафина, озокерита и их смесей и др.). Хорошо известно, что основу практически всех видов электротехнического стекла составляет оксид кремния (кремнезем). В качестве электроизоляционных материалов используются стеклопластики (пластмассы, состоящие из силикатов кальция и натрия и связующего, в качестве которого применяются смолы фенолформальдегидные, полистирольные, кремнийорганические, эпоксидные и др.). обычно стеклопластики выпускаются в виде полуфабриката (прессовочные или листовые материалы) или изделий. При их использовании (обработке) в соответствующем производстве воздушная среда загрязняется летучими веществами, пылью стеклопластиков, что сопровождается негативными воздействиями на рабочих [7].

В последние годы все более расширяется производство искусственных минеральных волокон, особенно силикатного и алюмосиликатного состава стекловидной структуры, способных образовывать пыль волокнистой или игольчатой формы, которая негативно воздействует на человека [8]. Применение искусственных минеральных волокон в электротехнике связано с их высокими электроизолирующими свойствами (они употребляются для изоляции проводов, кабелей, электрической аппаратуры, в качестве опорных и крепежных деталей в электротехнике). Кварцевые волокна используют для создания волоконно-оптических (световодных) линий связи и систем передачи информации.

Таким образом, из всех используемых в электротехнической промышленности силикатов наиболее серьезные гигиенические и экологические проблемы могут быть связаны с асбестовым волокном, прежде всего, в производственных и, в определенной мере, в бытовых условиях. В отношении других силикатов соблюдение стандартных мер профилактики и индивидуальной защи-

ты позволяет, судя по всему, существенно снизить их потенциальное вредное 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 обуславливает 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.

Литература

1. Асбест и другие природные минеральные волокна: Пер. с англ. - Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1991. - 174 с.
2. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV группы: Справ. изд. - Л.: Химия, 1988. - 512 с.
3. Горная энциклопедия. Т. 4. - М.: Советская энциклопедия, 1989, с. 570-572.
4. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека: Гигиенические нормативы. - М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995. - 17 с.
5. Романович Е.Ф. Тальк. - М.: Наука, 1974. - 75 с.
6. Саев Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 66 с.
7. Справочник по профессиональной патологии. - М.: Медицина, 1981. - 376 с.
8. Шимечек Я., Штохл В. Волокнистая пыль в воздухе производственных помещений: Пер. с чеш. - М.: Стройиздат, 1990. - 184 с.
9. Янин Е.П. Асбест в окружающей среде. (Введение в экологическое асбестоведение). - М.: ИМГРЭ, 1997. - 176 с.
10. 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.
11. Kalker U. Das Problem asbesthaltiger Nachtspeicherofen // Dtsch. Arztebl., 1992, 89, № 15, s. 850-851.
12. Nielsen A. Asbest i indeklimaet og det omgivende miljø // Ugeskr. laeger, 1986, 148, № 49, 3323-3328.
13. 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.