

**Научно-исследовательский институт
технико-экономических исследований
(НИИТЭХИМ)**

**Охтинское научно-производственное объединение
"Пластполимер"**

Обзорная информация

Серия: Полимеризационные пластмассы

**ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПЛАСТМАССЫ ПРИ ИХ ПЕРЕРАБОТКЕ**

ВВЕДЕНИЕ

При переработке синтетические полимеры обычно подвергаются совместному или разделному тепловому и механическому воздействию, параметры которых варьируют при различных способах переработки — прессовании, экструзии, литье под давлением, вакуумформовании, механической обработке и др. При этом происходят химические и физико-химические изменения полимера (термо- и термоокислительная деструкции, механохимические процессы, процессы сшивки и др.), а также меняется его надмолекулярная структура.

Эти процессы сопровождаются образованием различных низкомолекулярных соединений, которые способны выделяться из полимера, загрязняя окружающую среду. В связи с тем, что при получении пластмасс в синтетический полимер вводят различные стабилизаторы, наполнители, пластификаторы, красители и другие добавки, в воздух производственных помещений могут также поступать их пары и аэрозоли, а также продукты их превращения под действием повышенной температуры и механических напряжений; кроме того, возможно образование и продуктов взаимодействия компонентов полимерной композиции между собой, а также с химическими соединениями,

УДК [678.5.01:536.46]:615.9
678.5.01:615.9
615.9:[678.5.01:536.46]

В обзоре приведены сведения о токсичности летучих продуктов, образующихся в результате термического воздействия при переработке полиолефинов, полистирольных пластиков, поливинилхлорида, фторсодержащих, поливинилацетатных пластиков, а также фено- и аминокластов.

Составитель обзора и ответственный за выпуск Баян Ювенальевич Калинин

возникающими при старении полимера. Таким образом, при переработке пластмасс в воздух рабочей зоны может поступать сложная смесь паров, газов и аэрозолей непостоянного состава. Количественные и качественные характеристики состава таких смесей, а следовательно, и их токсичность определяются как химическим строением, структурой полимера, составом полимерной композиции, образующей пластмассу, так и условиями протекания технологического процесса переработки, в первую очередь повышением температуры и временем ее воздействия, возможностью контакта кислорода воздуха с материалом и т. д.

ОБРАЗОВАНИЕ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛАСТМАССЫ

Термоокислительная деструкция пластмасс, вероятно, протекает по схеме, предложенной в работе [1], и представляет радикально-цепную реакцию с вырожденным разветвлением. Под влиянием кислорода в полимере возникают нестойкие перекиси и гидроперекиси, диссоциирующие на свободные радикалы. Последние инициируют образование новых реакционных цепей, в результате чего скорость процесса нарастает.

К термоокислительной и термической деструкции наиболее чувствительны узлы разветвлений (четвертичные и третичные атомы углерода) и различные функциональные группы, имеющиеся в полимере [2, 3].

Возникающие при термоокислительной деструкции углеродсодержащих полимеров парогазоаэрозольно-воздушные смеси, как правило, содержат окись углерода. Полимеры же, содержащие в своем составе атомы азота и галогенов, кроме того, могут выделять еще цианистый водород, фосген и галогенводороды [4].

Окись углерода может образовываться не только при термоокислительном распаде, но и при термической деструкции (пиролизе) углеродсодержащих полимеров. Это объясняется тем, что в составе полимеров нередко содержатся некоторые количества химически связанного кислорода. Так обнаружено, что полиолефины содержат карбонильные группы, образование которых можно объяснить полимеризацией этилена с небольшим количеством окиси углерода, почти всегда присутствующим в этилене в качестве примеси [5]. В продуктах термической деструкции полистирола наряду со стиролом обнаружили окись углерода, образование которой объясняют разложением

имеющихся в полимере кислородсодержащих структур. Аналогичные процессы, по-видимому, происходят и при термоокислительной деструкции. Так, продукты окисления полиалкиленоксидов содержали не только радиоактивный кислород ^{18}O , использованный в качестве окислителя, но и атомы кислорода, входящие в состав полимера [5–7].

Термическая стойкость пластмасс в первую очередь определяется химическим строением полимера. Она зависит от строения как звена, так и всей макромолекулы, а также от наличия в полимере примесей, стабилизаторов, других добавок и т. п. Так, линейные полиолефины более термостойки, чем разветвленные. Винильные полимеры (поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилхлорид и др.), содержащие в звеньях макромолекул группы и атомы, способные легко отщепляться в виде воды, спирта, хлористого водорода, аммиака и т. п., отличаются низкой стойкостью к тепловому воздействию.

Полимеры, содержащие ароматические кольца, связанные друг с другом как непосредственно, так и через различные группы атомов, имеют высокую термостойкость, что объясняется химической устойчивостью ароматических структур.

Введение в полистирольную молекулу нитрильной группы увеличивает стойкость пластмассы к термическому воздействию. При пиролизе полимеров, содержащих четвертичные атомы углерода (например, полиметилметакрилата и полиметакрилонитрила), деполимеризация происходит с почти количественным выделением (до 80–90%) исходных мономеров. Если же четвертичные атомы углерода путем замены одного из заместителей (например, метильной группы) на водород превратить в третичные, то образование мономера при этих же условиях снижается в десятки раз [2, 8].

При различной степени нагрева одного и того же полимера могут образовываться различные продукты термоокислительной деструкции, т. е. при разных температурах окисления полимера может меняться не только количественный, но и качественный состав образующихся низкомолекулярных продуктов. Так, изучение химического состава веществ, выделяющихся в воздух при термоокислительной деструкции пентапласта, показало, что при 30°C начинают выделяться соединения перекисного характера, при 180°C — фосген; продукты же распада при 200 – 220°C содержат окись углерода, хлорангидриды кислот, среди которых идентифицирован фосген, альдегиды (в том числе формальдегид) и хлористый водород [9]. Было обнаружено, что нагревание аминопласта от 130 до 200°C сопровождалось выделением альдегидов; при нагревании до 240°C выделялся также цианистый водород; при 250 – 270°C — газовая смесь, кроме указанных веществ, содержала окись углерода [10]. При термоокислительной деструкции

сополимера этилена с пропиленом наблюдалось появление в газовой фазе непредельных соединений уже при 50°C, альдегидов и кислот — при 100–150°C, окиси углерода при 180–200°C [11]. При термоокислительном разрушении фторопласта-3 отмечалось выделение хлористого и фтористого водорода начиная с 260–280°C, при 360–380°C обнаруживался также фторхлорфосген [12]. Из полиуретанового пенопласта марки ЖКТ-2 при 40°C в воздух поступали окись углерода, углеводороды, углекислый газ; при 100°C — окись углерода, цианистый водород, толуилендиизоцианат, окислы азота, непредельные углеводороды, углекислый газ; при 200°C — цианистый водород, толуилендиизоцианат, формальдегид [13]. Хлорсульфированный полиэтилен при 100°C выделял хлористый водород, хлорированные углеводороды, непредельные соединения, сернистый газ; при 600–700°C добавочно были найдены окись углерода и альдегиды, в том числе формальдегид [14]. Из полимерной композиции на основе поливинилхлорида при 20°C в воздух переходил лишь пластификатор — дибутилфталат, при 40°C выделялись также окись углерода, хлористый водород, углеводороды. При 150–200°C наблюдалось образование сложной газовой смеси [15].

Выделяющиеся при термоокислительной и термической деструкции летучие продукты представляют потенциальную опасность для здоровья человека, так как при определенных условиях (высокая насыщенность пластмассами объема помещения, интенсивное термическое воздействие, недостаточное вентилирование) может происходить значительное загрязнение воздушной среды вредными веществами. Летучие продукты, образующиеся при воздействии тепла на некоторые пластмассы, представлены в таблице.

Летучие продукты, идентифицированные при термоокислительной и термической деструкции некоторых пластмасс

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
<u>Полиолефины</u>			
Полиэтилен низкого давления стабилизированный	250	Окись углерода, альдегиды, хлорированные углеводороды	16
	150	Кислоты, эфиры, непредельные углеводороды, перекисные соединения, ацетальдегид, двуокись углерода, окись углерода	17

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полиэтилен низкого давления нестаби- лизированный	210–220	Оксись углерода, органи- ческие кислоты, не- предельные углеводо- роды, альдегиды	18, 19
	150	Кислоты, эфиры, непре- дельные углеводоро- ды, перекисные сое- динения, альдегиды, диоксись углерода, окись углерода	17
Полиэтилен хлор- сульфирован- ный	100	Хлористый водород, хло- рированные углеводо- роды, непредельные соединения, сернистый газ	14
	600–700	Хлористый водород, хло- рированные углеводо- роды, непредельные сое- динения, сернистый газ, окись углерода, альде- гиды, в том числе фор- мальдегид	14
Полипропилен	120–150	Формальдегид, ацетальде- гид, ацетон, метиловый спирт, а также высоко- молекулярные спирты, кетоны, окись углерода, диоксись углерода	20
	150	Кислоты, эфиры, непреде- льные углеводороды, пе- рекисные соединения, альдегиды, диоксись углерода, окись угле- рода	17
	210–220	Альдегиды, непредельные углеводороды, органи- ческие кислоты, окись углерода	18, 19, 21

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Сополимер этилена с пропиленом	150	Кислоты, эфиры, непре- дельные углеводоро- ды, перекисные сое- динения, альдегиды, двуокись углерода, окись углерода	17
	240	Непредельные углеводо- роды, альдегиды, окись углерода, аэрозоль (ту- ман)	11, 22
Полиизобутилен	100–130	Альдегиды, кислоты	23
<u>Полистирольные</u> <u>пластики</u>			
Полистирол ударо- прочный СНП	240	Стирол, цианистый водо- род, дибутилфталат, окись углерода	24, 25
Сополимер стирола с акрилонитри- лом СН-28	230	Стирол, акрилонитрил, цианистый водород, окись углерода	25, 26
СН-28П	240	Стирол, акрилонитрил, цианистый водород, дибутилфталат, окись углерода	25, 26
Сополимер стирола с α -метилсти- ролом	200 (в токе азота)	Стирол, α -метилстирол	27
	200 (в токе воздуха)	Бензальдегид, ацетофе- нон	27

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полистирол ударо- прочный	140–160 (в токе кислорода)	Ароматические кетоны	28
	150–350	Этилен, бутилен, толуол, этилбензол, бутиловый и метиловый спирты, стирол и его олигомеры, окись углерода	29
Пенополистирол	530	Окись и двуокись углерода, изобутилен, буген, фор- мальдегид, салициловый альдегид, бензальдегид, стирол, бензол	30
Поливинилтолуол	200 (в токе кислорода)	Ароматические альдегиды типа бензальдегида и ароматические кетоны, кислоты	28
	200 (в токе азота)	Винилтолуол (следы)	28
	400 (в глу- боком ва- кууме)	Винилтолуол, ароматичес- кие кислоты и их ан- гидриды, перкислоты и их эфиры, аромати- ческие альдегиды	28

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
<u>Галогенсодержащие полимеры</u>			
Поливинилхлорид пластикат	70	Хлористый водород, хлорированные углеводороды, высшие спирты	14
	600–700	Хлористый водород, хлорированные углеводороды, неопределенные углеводороды, высшие спирты, альдегиды, окись углерода	14
жесткий	160	Хлорированные углеводороды, хлористый водород, углеводороды, окись углерода	31, 32
Поливинилхлорид	530 (пироллиз)	Окись и двуокись углерода, углеводороды (в том числе метан), ацетальдегид	33
Упаковочная пленка В-118 на основе поливинилхлорида	20	Дибутилфталат, углеводороды, двуокись углерода, окись углерода	34
	40	Альдегиды, дибутилфталат, углеводороды, двуокись углерода, окись углерода	34
	100	Альдегиды, дибутилфталат, углеводороды, винилхлорид, хлористый водород, двуокись углерода, окись углерода	34

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полимерные материалы на основе поливинилхлорида	20	Дибутилфталат	15
	40	Дибутилфталат, окись углерода, углеводороды, хлористый водород	15
	150–200	Сложная газовая смесь	15
Фторлон-3 (поли-трифторхлорэтилен)	350–400	Фтористый карбонил	35
	260–280	Фтористый водород, фтористоводородная кислота	12, 36
	300–360	Фторированные углеводороды	12, 36
	360–380	Фторхлорокись углерода	12, 36
Фторлон-4 (поли-тетрафторэтилен)	500–550	Фтористый карбонил	35
	600	Тетрафторэтилен, фтористый водород, производные циклических соединений, фтористый карбонил	37, 38

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Тефлон (политетра- фторэтилен)	250	Фторированные углеводо- роды, фтористый водо- род	39
	200–400 (в отсутст- вие воздуха)	Фтористый водород, че- тырехфтористый угле- род	40, 41
	Не менее 380	Двуокись углерода, пер- фторизобутилен	40, 41
Стеклопластик с фторопласто- вым покрытием	40	Ацетон, этилацетат	15
Полимерные мате- риалы на основе политетрафтор- этилена	150–200	Сложная газовая смесь	15
Поливинилиден- фторид	380 (в ва- кууме)	Углеводороды C_4 , фто- ристый водород, окись углерода, двуокись углерода	42
Сополимер вини- лиденфторида с гексафтор- пропиленом	360–415 (в вакууме)	Предельные и непредель- ные фторуглеводороды C_2-C_8 , окись углерода	42

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Пентапласт (продукт полимеризации 3,3-дихлорметил- оксациклобутана)	180	Фосген	9
	200–220	Хлорангидриды кислот (в том числе фосген), альдегиды, хлористый водород, окись угле- рода, перекисные сое- динения	9
Перфторамидино- вые полимеры (продукты кон- денсации диами- дина перфторсе- бациновой кисло- ты с амидином перфтормасляной кислоты (1:1) и диамидина пер- фторглутаровой кислоты с ами- дом перфторук- сусной кислоты (1:1)	400–500 (в вакууме)	Тетрафторэтилен, гекса- фторпропилен, жид- кое смолообразное вещество, двуокись углерода	43
Полифен (в состав композиции вхо- дят политетра- фторэтилен, по- ливиниловый спирт, ОП-7)	390	Фтористый водород, фто- ристый карбонил, фтор- органические соедине- ния, непредельные угле- водороды, формальде- гид	44

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
<u>Прочие полимеры</u>			
Поливинилвый спирт	100	Вода	45
	170	Непредельные углеводороды, альдегиды, кислоты, окись углерода	18
	180 и выше	Ацетальдегид, вода, углеводороды	45
Поливинилбутираль	180–200	Окись углерода, масляный альдегид, непредельные углеводороды	46
Полиметилметакрилат	580 (пироллиз)	Окись углерода, формальдегид, ацетальдегид, непредельные углеводороды, метилметакрилат	33
Сополимер метилакрилата с метакриламидом	260–282 (в вакууме)	Метиловый спирт, метилметакрилат, метакриламид	47
Сополимер метилметакрилата с метакриловой кислотой	260–282 (в вакууме)	Метиловый спирт, метилметакрилат, метакриловая кислота	48

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полиакрилонитрил	Действие пламени при избыт- ке воздуха	Окислы азота, двуокись углерода	40
	При недо- статке воздуха	Двуокись углерода, окись углерода, цианистый водород, аммиак, окислы азота	40
	600 (в азоте)	Цианистый водород, аммиак, метан, нена- сыщенные углеводо- роды	40
	200—320	Цианистый водород, ам- миак	48
	600—800	Акрилонитрил, цианис- тый водород	33
Полиакриламид	300	Аммиак, окись углерода	40
Аминопласты	130—200	Альдегиды	10
	240	Альдегиды, цианистый водород	10
	250—270	То же и окись углерода	10
Пенопласты на основе моче- виноформаль- дегидной смолы	580	Окись и двуокись угле- рода, формальдегид, аммиак, метиламин, этиламин, бутиламин, цианистый водород	33

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Меламиноформальдегидные смолы	Пиролиз	Цианистый водород, окись углерода	49
Фенопласты	—	Фенол, аммиак, альдегиды, окись углерода	50
Материалы на основе фенопластов (стеклопластик и слоистый пластик)	650 (пиролиз)	Окись и двуокись углерода, формальдегид, ацетальдегид, фенол	33
Антраценолуол-фенолформальдегидная смола	200	Фенол, толуол, антрацен, формальдегид	51, 52, 53
Эпоксидные смолы ЭД-5 и Э-40	60–100	Эпихлоргидрин, толуол	54
Эпоксидная смола Э-181	79–95	Хлорорганические и эпоксисоединения (в том числе эпихлоргидрин)	55, 56
Поликарбонат	500	Окись углерода, двуокись углерода, метан, этан, этилен, пропилен	57
Полиформальдегид	200	Муравьиная кислота	58
Подиметилсилоксан	400	Вода, формальдегид, метиловый спирт, муравьиная кислота, двуокись углерода, окись углерода	59, 60

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полимеры на основе полиметилсилоксана	350 (в вакууме)	Метан, этан, бутан, этилен, пропилен, бутиловый спирт	61
	500–550 (в вакууме)	Водород, метан, этан, следы этилена	61
Полимеры на основе полифенилсилоксана	350 (в вакууме)	Бензол, двуокись углерода	61
	500–550 (в вакууме)	Водород, бензол	61
Пенопласт К-40 (на метилфенил- полисилоксановой основе с газообразователем порофром 57)	200	Цианистый водород	62
Поролон	Горение	Толуилендиизоцианат, окись углерода, цианистый водород	63
Сополимер триоксана с диоксолоном	250–270	Формальдегид, муравьиная кислота	64
Политерефталамиды	В условиях переработки	Третичные ароматические амины, третичные амиды	65

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Поликапроамид, полигексамети- ленсебацинамид (полиамид 68), полиамиды 54 и 548	—	Окись и двуокись углеро- да, углеводороды, во- дород, вода	66, 67
Полиамиды (на основе гекса- метилендиами- на и себацино- вой кислоты)	580 (пиро- лиз)	Окись углерода, углекис- лый газ, углеводороды, карбонильные соедине- ния	33
Капрон	265—280	Капролактам	68
Фурфуролоаце- тонофеноло- формальде- гидная смола марки ФАФФ-31	30—105	Фурфурол, ацетон, фенол	69, 70
Фурфуролоаце- тоноэпоксид- ная смола марки ФАЭП-8	30—105	Фурфурол, ацетон, эпи- хлоргидрин	69, 70
Ненасыщенные полиэфирь	240	Вода, хлористый водород, формальдегид, ацеталь- дегид, бензальдегид, малеиновая и фуमारо- вая кислоты, двуокись углерода	71

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полиэтиленоксид	70–160 (в кисло- роде)	Формальдегид, ацетальде- гид, метилформиат, этилформиат, водород, окись углерода, дву- окись углерода, вода	72
Полипропиленок- сид	70–160 (в кисло- роде)	Формальдегид, ацетальде- гид, метилацетат, аце- тон, водород, метан, вода, окись и двуокись углерода	72
Политетрамети- леноксид	150 (в ва- кууме)	Этилен, пропилен, формаль- дегид, ацетальдегид, пропилформиат, пропи- лацетат, пропиловый спирт, вода, двуокись углерода	73
Полиакрилаты на основе фенол- фталейна, тере- фталевой и изофталевой кислот (Ф-1 и Ф-2)	—	Дифенил, трифенилметан, бензойная кислота, фе- нол, фенолфталейн, двуокись углерода, окись углерода	74
Полиэтилентере- фталат (лав- сан)	250–320	Вода, уксусный ангидрид, терефталевая кислота, этилен, ацетальдегид, окись углерода, двуокись углерода	75–77
	280–290	Диметилловый эфир терефта- левой кислоты, терефта- левая кислота, альдегиды метанол, окись углерода	68, 78

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Полигексаметилен- адипамид	330	Аммиак (или амины), вода, двуокись угле- рода	79
Полиуретан на ос- нове толуилен- диизоцианата и этиленгли- коля	200–300	Этиленгликоль, толуилен- диамин, окись этилена, ацетальдегид, двуокись углерода	80
Полиуретан на основе гекса- метилендиизо- цианата и эти- ленгликоля	200–300	Окись этилена, ацетальде- гид, этилен, этиленгли- коль, двуокись углерода	80
Полиуретановый пенопласт мар- ки ЖКТ-2	40	Окись и двуокись углерода, углеводороды	13
	100	Цианистый водород, толуи- лендиизоцианат, окись углерода, окислы азота, непредельные углеводо- роды, двуокись угле- рода	13
	200	Цианистый водород, толуи- лендиизоцианат, формаль- дегид	13
Полиуретановые материалы (пенопоро- пласты)	100–200	Цианистый водород, толуи- лендиизоцианат	81

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
Пенополиуретан (на основе смеси изомеров 2,4- и 2,6-толуиленидиизоцианатов и полиэфира, полученного из адипиновой кислоты и диэтиленгликоля)	580	Оксись и двуокись углерода, карбонильные соединения	33
Полимочевины	200-300	Вода, аммиак, амины, двуокись углерода	82
Подиметилвинилсилазан	240-290	Аммиак, метан, этилен, водород	83
Полиамидоимины из 3,4-ангидридо-4'-хлорангидридофенилоксида и 4,4'-диамино-3,3'-диметоксибензилметана	320-500	Вода, окись и двуокись углерода, метан, бензол, метанол	84
из 3,4-ангидридо-4'-хлорангидридофенилоксида и ортозамещенных диаминов	400, 460 (в вакууме)	Вода, водород, окись и двуокись углерода, бензол, метан, этилен, бутан, аммиак, диметилловый эфир	84

Материал	Температура деструкции, °C	Идентифицированные вещества	Литературный источник
из п-фенилен- диамина, пиро- меллитового диангидрида и изофталевой кислоты	300–400	Вода, окись и двуокись углерода, метан, бен- зол, метанол	85

Качественный и количественный составы продуктов, поступающих в воздух, определяет токсичность парогазоаэрозольных смесей, образующихся в результате термического воздействия на пластмассы при их переработке.

Первым этапом по гигиенической оценке конкретного производства являются данные, полученные при анализе воздуха рабочей зоны участков промышленных предприятий. В дальнейшем путем соответствующих специальных технических, санитарно-технических и гигиенических мероприятий действие выявленных вредных факторов на работающих, как правило, ликвидируется или доводится до гигиенически обоснованных безопасных уровней.

ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ

ПОЛИЭТИЛЕН

При получении полиэтиленовых труб методом экструзии в воздух поступают продукты термоокислительной деструкции полимера, главным образом окись углерода и формальдегид. Другие продукты деструкции — непредельные углеводороды, органические кислоты, хлорорганические соединения — были найдены в воздухе в очень малых концентрациях. На операторов, занятых в производстве полиэтиленовых труб, воздействуют также повышенная температура и лучистое

тепло. Наиболее высокие концентрации вредных веществ выявлены в зоне выхода труб из экструдера. Во время резки трубы газы, находящиеся внутри ее, попадают в воздух рабочей зоны [86]. На участках по переработке полиэтилена на термопластавтоматах в воздухе были обнаружены окись углерода и формальдегид [87].

Продукты термоокислительной деструкции полиэтилена низкого давления могут вызывать как острые, так и хронические отравления. Содержание альдегидов в концентрации не менее 0,008 мг/л в парогазовоздушной смеси, образующейся при нагревании полиэтилена до 250°C, вызывало раздражение верхних дыхательных путей и слизистых оболочек глаз. Наличие среди продуктов термоокислительной деструкции окиси углерода в количестве 2,5–3,8 мг/л, альдегидов – 0,03–0,04 мг/л и хлорорганических соединений – 0,006 мг/л, вызвало у белых крыс острое отравление со смертельным исходом. У павших животных было обнаружено полнокровие внутренних органов, кровоизлияние в вещество головного мозга, поражение дыхательных путей (трахеиты, бронхиты, отеки легких и пневмонии), дистрофические изменения в печени и почках. Длительное вдыхание (в течение 80 дней по 4 ч ежедневно) парогазовоздушной смеси, полученной при нагреве полиэтилена низкого давления до 250°C (в смеси содержалось окись углерода – в среднем 0,11 мг/л, альдегидов – 0,001–0,006 мг/л и хлорорганических соединений – 0,002–0,01 мг/л), вызвало у белых мышей нарушение условнорефлекторной деятельности, у кроликов – изменение иммунологической реактивности. Как при остром, так и при хроническом воздействии были обнаружены дистрофические изменения в почках у белых мышей, белых крыс, морских свинок и кроликов [88].

ПОЛИПРОПИЛЕН

В воздухе рабочей зоны прядильного цеха производства полипропиленового волокна у фильер находили формальдегид 0,2–0,6 мг/м³, органические кислоты в среднем 6,7 мг/м³ (в пересчете на уксусную кислоту); в проходе между прядильными машинами формальдегид не был обнаружен, концентрация органических кислот составляла 5,9 мг/м³. В отделении плавления полипропилена возле агрегатов содержание органических кислот было на уровне 15,7 мг/м³; в проходе между ними – 2,8 мг/м³ [89].

При термоокислительной деструкции нестабилизированного полипропилена при 210–220°C образуется сложная смесь летучих продуктов, среди которых были идентифицированы альдегиды (главным образом — ацетальдегид и формальдегид), непредельные углеводороды, органические кислоты, окись углерода, ацетон и спирты. Такая парогазовоздушная смесь, содержащая альдегиды в количестве 0,16 мг/л (при пересчете на ацетальдегид), при пятнадцатикратном вдыхании вызвала у белых крыс раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, нарушение дыхания, симптомы наркотического действия; при микроскопическом исследовании обнаружено очаговое утолщение альвеолярных перегородок легких, умеренно выраженная белковая дистрофия клеток печени, образование небольших гиалинотканых инфильтратов в межуточной ткани почек и миокарда. Тридцатикратное ингаляционное воздействие такой же смеси, в которой альдегиды содержались в концентрации 0,01 мг/л, вызвало у крыс отставание прироста массы и понижение температуры тела [18].

ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛАСТИКОВ

ПЕНОПОЛИСТИРОЛ

В производстве самозатухающего пенополистирола наблюдалась запыленность воздуха и загрязнение его парами стирола. В воздухе рабочей зоны при резке блоков пенополистирола была обнаружена также окись углерода [90].

При отравлении белых мышей в течение 16 дней летучими продуктами, выделяющимися при нагреве вспененного полистирола до 60°C, у животных была обнаружена белковая дистрофия почек и увеличение массового коэффициента печени. Повышение температуры нагрева до 100°C вызвало у мышей, помимо вышеуказанных изменений, также отставание в приросте массы тела и замедление способности к восстановлению прямолинейного движения после вращения в центрифуге. При отравлении белых мышей, белых крыс и кроликов в течение 6,5 мес (170 раз по 4 ч ежедневно) летучими продуктами, образующимися при нагревании еще не вспененного полистирола до 100°C и вспененного полистирола — до 60°C, у животных отмечались различные изменения. В первой серии опытов наблюдалось отставание в

приросте массы тела у белых мышей и кроликов, уменьшение времени принудительного плавания у мышей, увеличение содержания γ -глобулинов в крови у кроликов. Во второй серии опытов отмечались отставание массы и уменьшение времени плавания у мышей, снижение числа лейкоцитов в периферической крови у крыс. В обеих сериях опытов у подопытных мышей заболевания легких (бронхиты и пневмонии) встречались чаще, чем у контрольных, причем массовый коэффициент легких был выше [91].

СОПОЛИМЕРЫ СТИРОЛА

При переработке полистирола и его сополимеров марок МС и МСН методом литья под давлением в воздухе рабочей зоны были обнаружены нитрил акриловой кислоты, а на некоторых участках — стирол и метилметакрилат. Концентрации вредных веществ в воздухе в основном зависели от степени и длительности нагревания полимеров. Загрязнению воздушной среды способствовала недостаточная герметичность оборудования (неплотности в соединениях обогревательных цилиндров литьевых машин и сушильных агрегатов и др.), а также нарушения технологического режима (вторичное нагревание готовой продукции, работа "вхолостую" и т. д.). В воздухе находилась также пыль полимеров, наиболее высокие ее концентрации отмечались у дробильных установок, перерабатывающих технологические отходы [92].

У лиц, занятых на переработке блочного и ударопрочного полистирола, а также сополимеров стирола с акрилатами, были выявлены некоторые изменения со стороны вегетативно-сосудистой функции [93].

В экспериментах при нагревании до 160–240°C в присутствии воздуха ударопрочного акрилонитрилбутадиенстирольного пластика СНП, сополимера стирола с акрилонитрилом, как непластифицированного (марка СН-28), так и пластифицированного дибутилфталатом (марка СН-28П), среди летучих продуктов были обнаружены окись углерода, цианистый водород, стирол. Среди продуктов термоокислительной деструкции сополимера стирола с акрилонитрилом был найден также акрилнитрил, а при деструкции СН-28П — и дибутилфталат. Концентрации веществ в газовой фазе возрастали с повышением температуры нагревания пластмасс. Наиболее опасные — окись углерода и цианистый водород, причем отмечается взаимное потенцирование их действия. Токсические эффекты, наблюдавшиеся при

хроническом отравлении подопытных животных, по-видимому, являются результатом аддитивного действия компонентов изучавшихся парогазовоздушных смесей [94].

При переработке АБС-пластиков в воздухе на участке экструзии были обнаружены насыщенные и непредельные углеводороды C_1-C_5 , стирол, α -метилстирол, акрилонитрил, этилбензол, ксилол, толуол, бензальдегид, карбонильные алифатические соединения (забор проб производился над фильерами) [95].

При производстве изделий из полистирола в воздухе были обнаружены пары стирола, а также пыли полистирола [96, 97].

У работников, занятых переработкой полистирола и сополимеров стирола, метилметакрилата и акрилонитрила, обнаружены изменения со стороны специфических функций [98, 99].

У лиц, работавших со стирольными пластиками на заводе, выпускающем изделия из различных пластмасс, наблюдалось некоторое повышение уровня заболеваемости [100].

ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Среди летучих продуктов, загрязняющих воздух при термоокислительной деструкции поливинилхлорида (при температуре 130–170°C), были обнаружены хлористый водород, хлорзамещенные углеводороды, непредельные соединения, окись углерода, углекислый газ, спирты, альдегиды и т. д. Состав образующейся газовой смеси зависел от температуры, при которой происходила деструкция [15, 32, 33, 35].

При нагревании нескольких образцов поливинилхлорида до 70°C наблюдалось выделение из них хлористого водорода, хлорированных углеводородов, высших спиртов. Повышение температуры до 600–700°C сопровождалось образованием, помимо перечисленных соединений, также окиси углерода, непредельных соединений, альдегидов, включая формальдегид [14]. При термической деструкции поливинилхлорида среди газообразных продуктов были выявлены хлористый водород, водород, окись углерода, углеводороды [101].

Летучие продукты переработки поливинилхлоридной композиции в экструдере при 160–180°C содержат хлористый водород, хлорорганические, карбонильные и непредельные соединения. При этом концентрации хлористого водорода составляют 3–8 мг/м³, хлорорганических соединений – 300–400 мг/м³ (в пересчете на дихлорэтан).

карбонильных соединений — 64–1254 мг/м³ (в пересчете на ацетон) [102].

При нагревании поливинилхлоридного материала (хлопчатобумажная ткань, покрытая с обеих сторон пленками поливинилхлорида, а затем перхлорвинила) до 175–180°C в воздухе были найдены хлорорганические соединения, хлористый водород, альдегиды, высшие спирты, окись углерода. Количество этих веществ возрастало пропорционально продолжительности нагревания [103].

При воздействии на пластифицированный поливинилхлорид токов высокой частоты или инфракрасного излучения (при сварке линолеума) обнаружено выделение в воздух хлористого винила и дибутилфталата. Хлористый водород и окись углерода не были найдены [104].

При переработке поливинилхлорида в воздух производственных помещений могут поступать аэрозоли и пары исходных веществ, используемых для приготовления композиций на основе поливинилхлорида (самого полимера, пластификаторов, смазок, стабилизаторов, растворителей, пигментов и др.) и содержащихся в них примесей, а также мономер и продукты термической и термоокислительной деструкции поливинилхлорида и других ингредиентов. Как правило, наиболее высокое содержание этих веществ в воздухе наблюдается при загрузке и разгрузке необходимых компонентов, а также на участках, где поливинилхлоридная композиция подвергается воздействию повышенных температур (при вальцевании, каландровании и т. д.).

В производстве поливинилхлоридных пленок на рабочих, занятых дозировкой и смешиванием исходных компонентов, действовала пыль поливинилхлорида, пыль стабилизатора — силиката свинца, пластификатор — дибутилфталат, хлористый водород, винилхлорид. При переработке полимерной композиции на вальцах и каландрах в воздухе находили аэрозоли и пары поливинилхлоридной смеси, соединений свинца, дибутилфталата, винилхлорида. При прохождении пленки через охлаждающие барабаны, счетное устройство и сортировочно-браковочный стол в воздух рабочей зоны выделялся винилхлорид, дибутилфталат и другие компоненты [105].

На предприятиях, производящих линолеум и поливинилхлоридные плиты, в воздухе рабочей зоны у смесителя, вальцов и каландров были обнаружены винилхлорид, хлористый водород, окись углерода, а также дибутилфталат, пыль (смешанный аэрозоль с преобладанием поливинилхлорида).

При производстве линолеума в воздухе находились углеводороды, хлористый водород, окись углерода, формальдегид, этилацетат, высокодисперсная пыль поливинилхлорида [106–108].

В результате обследования трех предприятий была выявлена при изготовлении изделий из поливинилхлорида запыленность воздуха. При этом преобладающее количество (70–80%) аэрозоля составляли частицы размером 1–3 мкм. При нагревании полимера отмечалось также поступление в воздух газообразных продуктов — хлористого водорода и хлористого винила.

При изготовлении изделий из пластифицированного поливинилхлорида пластификаторы, а также содержащиеся в них примеси в виде паров и аэрозолей могут в сравнительно больших количествах переходить в воздух. В специально поставленном опыте было показано, что при вальцевании (температура 175°C) пластифицированных образцов поливинилхлорида происходило выделение в воздух определенных количеств пластификаторов. При этом скорость испарения составляла, г/м²/мин: дибутилфталата — 6,8; дигексилфталата — 1,7; диоктилфталата — 1,4; диоктилсебацата — 0,52; дидодецилфталата — 0,30 и т. д. [109].

При производстве поливинилхлоридных изделий (например, линолеум, трубки, содержание пластификаторов в них не превышало 30%) в воздухе находили сложные эфиры фталевой кислоты (аэрозоль и пары). В цехах изготовления твердых поливинилхлоридных плит концентрации пластификаторов оказались ниже примерно на один порядок. Интенсивность загрязнения воздушной среды цехов пластификаторами зависела в значительной степени от их содержания в полимерных композициях и эффективности работы вентиляции [110].

ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПЛАСТИКОВ

При нагревании фторлонов образуются высокотоксичные химические соединения. При температуре выше 200°C фторлоны начинают разлагаться. Однако термическое разложение политетрафторэтилена при температуре до 415°C, а политрифтормонохлорэтилена до 315°C протекает с очень малой скоростью. При температурах 200–320°C 1 кг политетрафторэтилена выделяет за 1 ч всего лишь 2 мг газообразных продуктов. Но при дальнейшем повышении температуры скорость разложения полимера возрастает. Политрифтормонохлорэтилен менее стоек к термическому воздействию, чем политетрафторэтилен и выделяет больше летучих продуктов. При 270°C политрифторхлорэтилен за 1 ч выделяет 0,04% газообразных веществ. При температурах, адекватных условиям переработки полимера в изделия, нагрев фторлонов

сопровождается дополимеризацией с выделением соответствующих мономеров, димеров и других олигомеров. При термической деструкции политетрафторэтилена с повышением температуры возникает опасность выделения перфторизобутилена, количество которого резко возрастает при температуре около 800°C . Выделяющиеся мономеры в присутствии воздуха подвергаются окислению с образованием фторфосгена, который при гидролизе, наступающем очень быстро, образует фтористый водород [111].

К основным продуктам термического разложения политетрафторэтилена относят и тетрафторэтилен, гексафторпропан, октафторциклобутан [14], а при $500-550^{\circ}$ и фторфосген [35].

При нагревании политетрафторэтилена в интервале температур $300-360^{\circ}\text{C}$ в воздух выделяются тетрафторэтилен, тетрафторид кремния и неидентифицированный восковидный возгон; при температуре примерно 380°C обнаруживаются также небольшие количества гексафторпропилена и октафторизобутилена; при температурах выше 400°C происходит быстрый пиролиз с выделением в качестве основных продуктов высокотоксичных веществ: перфторизобутилена и карбонилфторида (фторфосгена) [112].

По данным других работ, при нагревании политетрафторэтилена в интервале температур $180-380^{\circ}\text{C}$ и выше в воздухе были обнаружены фтористый водород, тетрафторэтилен, перфторизобутилен, октафторциклобутан, окисные соединения типа фторфосгена [113]; при $390-400^{\circ}\text{C}$ — перфторизобутилен, фторфосген, двуокись углерода, газообразные производные фтора [39, 3]; при $430-500^{\circ}\text{C}$ — тетрафторэтилен, гексафторпропилен, перфторизобутилен [114]; при 450°C и выше — перфторбутен-1, перфторизобутилен, перфторпропилен [115]; при 490 и 875°C — карбоксифторид, тетрафторэтилен, трехфтористый углерод, гептафторпентан, циклофторбутан, перфторизобутилен [116]; при $490-875^{\circ}\text{C}$ — четырехфтористый углерод, тетрафторэтилен, гексафторпропилен, фтористый водород [117]; при 600°C — тетрафторэтилен, фтористый водород, дифторфосген, производные циклических соединений [37]; при $600-700^{\circ}\text{C}$ — тетрафторэтилен, гексафторпропилен, октафторциклобутан [118].

Наряду с газообразными веществами при термическом воздействии на фторлоны в воздух выделяются и мельчайшие частицы фторлона размером около $0,1$ мкм [39, 119].

Термостойкость политрифторхлорэтилена (фторлона-3) меньше, чем у политетрафторэтилена (фторлона-4). При температуре 270°C , при которой обычно происходит переработка фторлона-3 в изделия, из них в течение 1 ч в воздух поступают токсичные газообразные продукты деструкции в количестве $0,04$ мас. %.

При термоокислительной деструкции фторлона-3 выделение фтористого и хлористого водорода наблюдалось при температуре 260°C , фторхлорфосгена при 360°C . При более высоких температурах в воздухе находили также и хлорфосген [12, 111, 120].

Введение в молекулу фторлонов атомов водорода, а также наличие разветвленности цепи с концевыми метильными группами еще больше уменьшает термическую стойкость полимера. Так, из сополимера тетрафторэтилена с этиленом, содержащего в макромолекулах разветвления цепи, при 275°C в течение 1 ч в газообразные продукты разложения переходило 0,8 мас. %. Образец сополимера, имеющий мало разветвлений в цепи макромолекулы, выделял в воздух значительно меньше газообразных продуктов деструкции [121].

При термической обработке ($380\text{--}390^{\circ}\text{C}$) волокна полифен, в состав которого входят политетрафторэтилен и поливиниловый спирт, выделяются фтористый водород, фторфосген или продукты, близкие по химическому строению, непредельные углеводороды, формальдегид, тетрафторэтилен, перфторпропилен, перфторциклобутан. Термическое разложение волокна начинается уже при 100°C [122]. Летучие продукты, выделяющиеся из волокна полифен при его нагревании до 390°C , в эксперименте вызывают у подопытных животных острые отравления [45]. Из газообразных продуктов термоокислительной деструкции фторлонов наиболее токсичны перфторизобутилен, галогенкарбонилы (фторфосген, фторхлорфосген, хлорфосген), фтористый и хлористый водород.

При экспериментальном изучении вредного воздействия летучих продуктов, выделяющихся при нагревании различных фторлонов (политетрафторэтилена, политрифторхлорэтилена, поливинилиденфторида и др.), обнаружена высокая токсичность образующихся при этом сложных смесей. Их токсические свойства увеличиваются с повышением температуры теплового воздействия на полимер. Смертность животных зависела от концентрации образующегося при этом аэрозоля. У погибших в результате острого отравления животных на вскрытии обычно находили кровоизлияния в легких, инфильтрацию легочной ткани лимфоидными клетками, отек легких [114, 120, 123–125]. В случаях поздней смерти у животных обнаруживали пневмонию. У погибших животных находили также дистрофические изменения печени и почек [37, 126]. Установлено, что при острых и повторных отравлениях белых мышей летучими веществами, образующимися при тепловом воздействии на фторлоны, концентрация продуктов деструкции в 0,001 мас. % являлась опасной [38].

При несоблюдении мер техники безопасности вдыхание летучих продуктов, выделяющихся из фторлонов при нагревании их выше 28

300—350°C, может возникнуть синдром, характеризующийся гриппо-подобными явлениями: ознобом, повышением температуры, раздражением верхних дыхательных путей, кашлем, одышкой, тошнотой, болями в конечностях и теле, чувством сдавления в груди и др. Этот симптомокомплекс получил название лихорадки от полимерного дыма, полимерной лихорадки, фторопластовой лихорадки. Обычно вышеуказанные симптомы самопроизвольно исчезают в течение 1—2 сут после воздействия. Повторные приступы сопровождаются развитием легкой утомляемости, астении, снижением уровня глобулинов и повышением количества лейкоцитов в крови [39, 41, 112, 127, 128]. Возможно развитие дыхательной недостаточности после перенесенной полимерной лихорадки [129].

По зарубежным данным, у лиц, работающих с политетрафторэтиленом более одного года и имевших приступы полимерной лихорадки, выделение фтора с мочей было существенно большим, чем у рабочих, имеющих стаж менее 1 года и не перенесших приступов такой лихорадки [112]. Описаны случаи возникновения полимерной лихорадки и в производственных условиях [112, 116, 130—133]. В США на одном предприятии в течение 90 дней заболело 36 рабочих из 61. У большинства больных отравление было вызвано курением сигарет, на которых осаждались частицы полимера [118].

Возникновение полимерной лихорадки в результате загрязнения папирос и табака пылью фторлонов подтверждается и другими работами. После выкуривания сигарет с определенным количеством фторлона, обнаружено, что типичные симптомы полимерной лихорадки появляются после выкуривания сигарет с общим содержанием фторлона 0,4 мг [39, 132—134].

При переработке фторлона-4 и фторлона-3 основным неблагоприятным фактором являлось загрязнение воздуха продуктами термического разложения и пылью фторлонов.

С гигиенической точки зрения, самой неблагоприятной технологической операцией при переработке фторлона-4 является выдержка изделий в печах спекания при 375°C. При этой температуре образуются наиболее токсичные вещества: перфторизобутилен и фтористый водород, особенно большие количества этих соединений образуются при повышении температуры в печах в результате нарушения технологического режима.

У некоторых рабочих, занимающихся переработкой фторлонов, выявлены функциональные изменения со стороны вегетативной нервной системы. Отмечены также нерезко выраженные изменения со стороны органов дыхания, пищеварения, сердечно-сосудистой системы, высшей нервной деятельности.

Случаи полимерной лихорадки встречались у аппаратчиков участка горячего прессования изделий из фторлонов [133, 135, 136].

Патогенез полимерной лихорадки изучали на животных. Кроликов подвергали воздействию дыма, полученного при нагревании политетрафторэтилена до 400–500°C и содержащего в 1 мл воздуха более 100 тыс. частиц полимера (70% этих частиц имели размер 0,1 мкм). Кроме того, в дыме был обнаружен фтористый водород в концентрации 10–12 мг/м³. В результате вдыхания этого аэрозоля у кроликов возникал синдром, напоминающий лихорадку, наблюдающуюся у людей при вдыхании ими дыма политетрафторэтилена. Если же животные вдыхали летучие продукты, освобожденные в результате фильтрации от твердых частиц аэрозоля полимера, то этот синдром не развивался. При внутривенном же введении фракции твердых частиц полимера у кроликов возникал приступ лихорадки [137].

Дальнейшие исследования показали, что причиной возникновения фторлоновой лихорадки служит не только аэрозоль полимера, но и газообразные вещества, образующиеся при термической деструкции полимера и сорбирующиеся на частицах аэрозоля. Было показано, что свежеполученный аэрозоль термоокислительной деструкции (при 550°C) фторлона-4 как при ингаляционном воздействии, так и при внутривенном введении оказывал на кроликов выраженное пирогенное действие. При этом наблюдались не только повышение температуры тела у кроликов, но и изменения количества лейкоцитов в крови (кратковременная лейкопения, сменявшаяся затем лейкоцитозом). Аэрозоль, промытый ацетоном и дистиллированной водой, а также хранившийся после термообработки полимера в течение 6 мес, не вызывал ни пирогенной, ни лейкоцитарной реакции. Пыль фторлона-4, не подвергавшаяся нагреванию, также не оказывала пирогенного действия.

Фильтрат, полученный настаиванием на свежеприготовленном аэрозоле, с последующей фильтрацией оказывал при внутривенном введении пирогенное действие на кроликов. pH таких фильтратов колебалось от 3,5 до 5. При этом, чем кислее был фильтрат, тем более выраженным оказывалось его пирогенное действие. При нейтрализации фильтрата он терял способность вызывать у кроликов повышение температуры тела. Не оказывали пирогенного эффекта при внутривенном введении кроликам также и растворы (с pH 3,5) некоторых кислот (фтористоводородной, перфтормасляной, уксусной).

В дальнейшем фторлон-4 нагревали при температурах 380°C и 550°C. Твердые частицы образующегося аэрозоля задерживали фильтром, а газообразными продуктами насыщали физиологический раствор,

который затем вводили внутривенно кроликам. При этом у животных наблюдалась отчетливая пирогенная реакция. Газообразные продукты термоокислительной деструкции фторлона-4, образующиеся при 380°C, были менее активны, но также вызывали пирогенную реакцию.

Таким образом, было показано, что этиологическая роль в возникновении фторлоновой лихорадки принадлежит кислым продуктам, сорбирующимся на твердых частицах аэрозоля [138].

ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫХ ПЛАСТИКОВ

ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ

При нагревании поливинилового спирта до 300°C в воздухе были обнаружены окись углерода, муравьиная кислота, формальдегид [139].

Токсичность смеси летучих продуктов термоокислительной деструкции поливинилового спирта изучалась в условиях повторного (50-кратного) ингаляционного воздействия (35 г поливинилового спирта с поверхностью испарения 50 см² нагревали до 170°C) в опытах на белых крысах [18]. В воздушную среду камеры поступала смесь непредельных углеводородов, альдегидов, органических кислот и окиси углерода. Исследования показали, что повторное (50-кратное ежедневно по 3 ч) воздействие летучих продуктов термоокислительной деструкции поливинилового спирта с содержанием непредельных углеводородов концентрации 0,02 мг/л, органических кислот — 0,0007 мг/л, окиси углерода в пределах от 0,05 до 0,2 мг/л оказывало раздражающее действие на слизистую оболочку глаз и верхние дыхательные пути животных. На всем протяжении опыта наблюдалось отставание в приросте массы подопытных животных по сравнению с контрольными.

В конце эксперимента у животных наблюдалось повышение возбудимости нервной системы и отмечалась тенденция к снижению количества эритроцитов в крови. У подопытных животных отмечалась некоторая лабильность фагоцитарной реакции по отношению к кишечной палочке и некоторая активация фагоцитарной активности по отношению к микрококку. При гистологическом исследовании внутренних органов крыс обнаружено развитие патологических изменений в легких, сердце, печени и почках.

Токсические свойства продуктов термоокислительной деструкции поливинилбутирала изучались в острых и хронических опытах на животных [140]. Острые опыты проводились на мышах при часовой экспозиции. Температура нагрева полимера была постоянной и составляла 180–200°C. Образовавшаяся при этом парогазовоздушная смесь обладала выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. Гибель всех подопытных мышей наблюдалась уже после вдыхания парогазовоздушной смеси, содержащей, мг/л: масляного альдегида 33,0–33,6; окиси углерода — 1,0–1,2; непредельных углеводородов 1,53–1,68. Смерть наступала при явлениях полиокровия внутренних органов, отека легких и мозга, дистрофических изменениях печени и почек.

При концентрациях, мг/л: масляного альдегида 16,8–20,1; окиси углерода 0,51–0,6, непредельных углеводородов 0,5–0,72 из 22 мышей пало 12. При наличии во вдыхаемой смеси, мг/л: масляного альдегида 6,57–8,21; угарного газа 0,27–0,32; непредельных углеводородов 0,43–0,55 смертельные исходы наблюдались в единичных случаях.

При вдыхании альдегида концентрации 2,0–2,36 мг/л, окиси углерода 0,05–0,1 и непредельных углеводородов 0,09–0,16 мг/л видимых симптомов отравления у животных не наблюдалось. При хроническом отравлении мыши, крысы и морские свинки в течение 105 сут. по 5 ч ежедневно вдыхали образующиеся при нагревании поливинилбутирала парогазовоздушные смеси, содержащие в среднем, мг/л: 0,10–0,27 (0,16) масляного альдегида; 0,004–0,026 (0,015) окиси углерода и 0,013–0,030 (0,019) непредельных углеводородов.

У всех подопытных животных наблюдалось отставание массы тела, причем у мышей отставание массы оказалось достоверным уже с 20 дня отравления, у морских свинок с 88-го дня отравления. Значительное воздействие летучих продуктов термоокислительной деструкции поливинилбутирала вызвало у крыс образование в крови карбоксигемоглобина (до 8,4%), угнетение активности холинэстеразы и снижение порога нервно-мышечного возбуждения. Последнее оказалось достоверным и у мышей. У морских свинок наблюдалось снижение нарастания титра специфических антител после вакцинации брюшнотифозной вакциной, а также уменьшение массового коэффициента печени и селезенки.

При изучении условий труда при различных способах напыления поливинилбутирала было показано, что этот процесс сопряжен с воз-

действием на работающих летучих продуктов термоокислительной деструкции полимера, среди которых были выявлены: масляный альдегид, окись углерода, непредельные углеводороды, пыль поливинилбутираля.

В гигиеническом отношении ручное напыление менее благополучно, чем механизированное. При ручном напылении происходит периодическое поступление в рабочую зону окиси углерода, непредельных углеводородов, а также значительных концентраций масляного альдегида.

Химическими исследованиями установлено, что существует прямая зависимость между количеством летучих продуктов и температурой нагрева напыленных деталей. Резкое возрастание концентраций газообразных веществ (в 2—4 раза) происходит при нагреве деталей свыше 200°C [140].

ТОКСИЧНОСТЬ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ФЕНО- И АМИНОПЛАСТОВ

При переработке фено- и аминопластов в воздухе рабочей зоны обнаруживали фенол, формальдегид, аммиак, аэрозоль полимерных композиций и т. д. Наиболее высокое содержание этих веществ в воздухе наблюдалось при прессовании фено- и аминопластов [141].

При производстве пресс-порошков на основе фено- и аминопластов и изделий из них происходит загрязнение воздуха фенолом, формальдегидом и пылью [142—144].

В производстве фено- и аминопластов воздушная среда производственных помещений, кроме формальдегида и фенола, была загрязнена также пылью, состав которой зависел от исходного сырья (при производстве текстолита — текстолитовая пыль, содержащая до 18% свободного фенола; при производстве пресс-материала марки ВП-11 — пыль меламиномочевинформальдегидной смолы, асбеста, талька, нигрозина и т. д. [145].

В воздухе цеха изготовления деталей из фенолоформальдегидных смол обнаружена пыль смол, фенол, формальдегид и окись углерода [146].

В производстве фольгированного гетинакса на основе фенолоформальдегидной смолы в воздушной среде цеха были обнаружены ацетон, фенол, крезол, формальдегид и аммиак. На работающих действовала также повышенная температура, отмечалась низкая влажность воздуха [147].

При производстве теплоизоляционных плит марки ФС-7 (исходные компоненты: фенолоформальдегидная смола, уротропин, динитрил азоизомасляной кислоты, перлит) на всех этапах технологического процесса было выявлено загрязнение воздуха пылью пластмассы и ее компонентов. При прессовании наблюдалось поступление в воздух фенола, аммиака и цианистого водорода. На участках прессования на работающих действовали также интенсивное тепловое излучение и повышенная температура воздуха [148].

Таким образом, на участках, где пластмассы подвергаются тепловому воздействию, следует осуществлять постоянный контроль за возможным загрязнением воздушной среды производственных помещений летучими продуктами термической и термоокислительной деструкции перерабатываемых полимерных композиций и в случае необходимости проводить соответствующие технические, санитарно-технические и гигиенические мероприятия для обеспечения безопасных условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов Н. Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М., Изд-во АН СССР, 1958.
2. Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров. М., Издательство, 1959.
3. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. М., "Мир", 1967.
4. Coleman E. H. — "Prog. Eng.", 1960, 31, № 38, 40.
5. Rugg F. H., Smith I. I., Bacon R. C. — "J. Polym. Sci.", 1954, 13, 535—547.
6. Madorsky S. L., Straus S. — "J. Res. NBS", 1948, 40, № 5, 417.
7. Гоглев Ф. С., Нейман М. Б. — "Высокомолекул. соединения", 1967, 2A, № 10, 2083.
8. Коршак В. В. Химическое строение и температурные характеристики полимеров. М., "Наука", 1970.
9. Кочанов М. М., Степаненко Э. М. — В кн.: Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза (Материалы 2-й Всесоюзной конференции, март 1964 г.). Л., 1964.
10. Станкевич В. В., Иванова З. В. — В кн.: Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии. М., Медгиз, 1962.

11. Комарова Е. Н., Робачевская Е. Г., Степаненко Э. М. — В кн.: Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза. Л., "Химия", 1964, 32—34.
12. Кочанов М. М. Вопросы гигиены труда. Труды ЛСГМИ, т. 2, Л., Медгиз, 1960, 39—44.
13. В кн.: Гигиена применения полимерных материалов и изделий из них. Киев, ВНИИГИНТОКС, 1969, 285. Авт.: Т. А. Дробышевская, В. А. Ширская, Г. М. Горбань и др.
14. Деянова Е. В., Соловьева Т. В. — "Гигиена труда", 1964, № 7, 57—58.
15. В кн.: Актуальные вопросы космической биологии и медицины (Тематический сборник трудов молодых ученых). М., Ин-т медико-биологических проблем Минздрава СССР, 1971, 166—169. Авт.: Е. В. Колчина, В. Д. Яблочкин, В. А. Ширская и др.
16. Калинин Б. Ю. — В кн.: Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений. М.—Л., "Химия", 1961, 40.
17. "Пластические массы", 1963, № 1. Авт.: Е. Н. Матвеева, С. С. Хинькис, А. И. Цветкова и др.
18. В кн.: Токсикология новых промышленных химических веществ. Вып. 5. М., Медгиз, 1963. Авт.: Г. Н. Заева, М. Д. Бабина, В. И. Федорова и др.
19. В кн.: Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза. Л., "Химия", 1964, 34. Авт.: Г. Н. Заева, В. И. Федорова, М. Д. Бабина и др.
20. Пудов В. С. — В кн.: Тезисы совещания по старению и стабилизации полимеров. М., Изд-во АН СССР, 1961.
21. Кремнева С. Н., Мартынова А. П., Заева Г. Н. — В кн.: Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии. М., Медгиз, 1962, 157.
22. Степаненко Э. М. — В кн.: Токсикология высокомолекулярных материалов и химического сырья для их синтеза. М.—Л., "Химия", 1966, 133.
23. Кузьминский А. С., Хитрова Н. Г. — "Журн. общей химии", 1952, 22, 1506.
24. Комарова Е. Н. — В кн.: Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений. М.—Л., "Химия", 1961, 37.
25. Комарова Е. Н. — В кн.: Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии. М., Медгиз, 1962, 144.
26. Комарова Е. Н., Степаненко Э. М. — "Пластические массы", 1968, № 12, 39.
27. "Пластические массы", 1963, № 11, 3. Авт.: Э. И. Кириллова, Е. Н. Матвеева, Ю. А. Глаголева и др.

28. "Пластические массы", 1965, № 9, 55. Авт.: Г. П. Фраткина, Э. И. Кириллова, Ю. А. Глаголева и др.
29. Родэ В. В., Новиченко Ю. П., Рафиков С. Р. — "Высокомолекул. соединения", 1967, 9A, № 5, 1086.
30. Hagen E., Freidlich G. — "Plaste und Kaut.", 1965, 12, № 4, 215.
31. "Гигиена и санитария", 1949, № 10, 38. Авт.: С. Л. Трибук, Н. П. Тихомирова, С. В. Левина и др.
32. Susiu J., Dreiman J., Valaskai M. — "Med. interna", 1963, 15, № 8, 967—968.
33. Hagen E. — "Plaste und Kaut.", 1968, 15, № 10, 711—713.
34. Попов Л. А., Яблочкин В. Д. — "Гигиена и санитария", 1967, № 7, 100.
35. Перегуд Е. А., Бойкина Б. С. — В кн.: Труды научной сессии Ленинградского НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний, посвященной итогам работы за 1956 г. Л., 1958, 243—248.
36. Lefaux R. — "Arch. malad. profess.", 1955, 16, № 6, 554.
37. Жемердей А. И. — В кн.: Труды юбилейной научной сессии Ленинградского санитарно-гигиенического медицинского института. Т. 44. Л., 1958, 164.
38. Hagemeyer D. R., Stubblebine W. — "Mod. Plast.", 1954, 31, № 12, 136, 138, 141, 219.
39. Reini W. — "Lbl. Arbeitsmed.", 1964, 14, № 3, 58—61.
40. Zapp J. A. — "Arch. Environm. Health", 1962, 4, № 3, 335—346.
41. Harris D. — "Lancet", 1951, 261, № 6692, 1008—1011.
42. Оксентьевич Л. А., Праведников А. Н. — "Высокомолекул. соединения", (A), 1968, 10, № 1, 49.
43. Кардаш И. Е., Ардашников А. Я., Праведников А. Н. — "Высокомолекул. соединения", (A), 1967, 9, № 5, 1081.
44. В кн.: Токсикология новых промышленных химических веществ. Вып. 5. М., Медгиз, 1963, 123—135. Авт.: С. Н. Кремнева, А. П. Мартынова, З. М. Пименова и др.
45. Futama H., Tanaka H. — "J. Phys. Soc. Japan", 1957, 12, № 4, 433.
46. Базазьян А. Г. — В кн.: Гигиена и токсикология высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза (Материалы 4-й Всесоюзной конференции, январь 1970 г.). Л., Химия, 1969, 154.
47. Калинушкин Б. М., Рябов А. В. — В кн.: Химические свойства и модификация полимеров. М., "Наука", 1964, 58—63.
48. Lohs K. — "Arbeitsmed., Arbeitsschutz.", 1964, 14, № 12, 287.
49. Wilson R. H., McCormick W. E. — "Arch. Ind. Health", 1960, 21, № 6, 536.
50. Станкевич В. В., Иванова З. В. — В кн.: Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений, М.—Л., "Химия", 1961, 36.

51. Нагорный П. А. — В кн.: Гигиена и токсикология. Киев, "Здоровье", 1967, 149–153.
52. Нагорный П. А. Материалы по токсикологии антрацентолуолфенол-формальдегидной смолы. Автореф. канд. дис., Днепропетровск, Днепропетровский медицинский ин-т, 1970.
53. Нагорный П. А. — "Гигиена труда", 1971, № 11, 21.
54. Шумская Н. И. — "Гигиена труда", 1961, № 12, 34.
55. Шумская Н. И., Томская М. С. — В кн.: Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза. Л., "Химия", 1964, 37.
56. Шумская Н. И., Томская М. С. — В кн.: Токсикология новых промышленных химических веществ. Вып. 7. М., "Медицина", 1965, 76.
57. В кн.: Химические свойства и модификация полимеров. М., "Наука", 1964, 33–36. Авт.: Б. М. Коварская, И. Е. Жигунова, И. Я. Слоним и др.
58. Дудина Л. А., Кармилова Л. В., Ениколопан Н. С. — В кн.: Химические свойства и модификация полимеров. М., "Наука", 1964, 228.
59. Андрианов К. А. Теплостойкие кремнийорганические диэлектрики. М., Госэнергоиздат, 1957.
60. Соколов И. В. Методы синтеза полиорганосилоксанов. М., Госэнергоиздат, 1959.
61. "Высокомолекул. соединения", (А), 1967, 2, № 9, 2025. Авт.: К. А. Андрианов и др.
62. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А. — В кн.: Токсикология новых промышленных химических веществ. Вып. 5. М., Медгиз, 1963, 123.
63. Рыжкова М. Н., Милков Л. Е., Зеркалова В. И. — В кн.: Профессиональные заболевания в химической промышленности. М., "Медицина", 1965, 155.
64. "Пластические массы", 1967, № 1, 40. Авт.: Е. Г. Склярова, Е. С. Арутюнян, В. В. Едемская и др.
65. Федотова О. Я., Кербер М. Л., Коварская Б. М. — "Пластические массы", 1967, № 1, 14.
66. "Пластические массы", 1963, № 3, 19. Авт.: И. И. Левантовская, М. П. Язвикова, М. К. Доброхотова и др.
67. "Высокомолекул. соединения", 1964, (А), 6, № 10, 1838. Авт.: И. И. Левантовская, Б. М. Коварская, Г. В. Дралюк и др.
68. Мартынова А. П. — В кн.: Гигиена труда в химической промышленности (под ред. Э. А. Волковой, Н. П. Кокорева, Е. Н. Марченко). М., "Медицина", 1967, 240.
69. Назыров Г. Н., Венгерская Х. Я. — "Гигиена труда", 1966, № 11, 56–60.
70. Венгерская Х. Я., Бодрова Л. С., Назыров Г. Н. — "Гигиена труда", 1968, № 7, 56–57.

71. "Пластические массы", 1965, № 5, 5. Авт.: Б. М. Коварская и др.
72. Гоглев Р. С., Нейман М. Б. — "Высокомолекул. соединения", (А), 1967, 9, № 10, 2083.
73. Блюменфельд А. Б., Нейман М. Б., Коварская Б. М. — "Высокомолекул. соединения", (А), 1967, 9, № 7, 1587.
74. Журавлева И. В., Родэ В. В., Рафиков С. Р. — "Известия АН СССР, сер. хим.", 1965, № 2, 269.
75. Pohl H. A. — "J. Am. Chem. Soc.", 1951, 73, № 12, 5660–5661.
76. Marshall L., Todd H. — "Trans. Faraday Soc.", 1953, 49, № 1 (361), 67–78.
77. Goodings E. P. — "S. C. J. Monogr.", 1961, 13, 146.
78. Гинчева Н. А. — "Гигиена труда", 1971, № 11, 29.
79. Straus S., Wall L. A. — "Res. Natl. Bur. Stand.", 1958, 60, 39.
80. Орлов В. А., Тараканов О. Г. — "Пластические массы", 1965, № 5, 12.
81. В кн.: Актуальные вопросы космической биологии и медицины (Тематич. сборник трудов молодых ученых). М., Ин-т медико-биологических проблем Минздрава СССР, 1971, 301–305. Авт.: В. Д. Яблочкин, В. А. Щирская, А. М. Попов и др.
82. Федотов О. Я., Скрипченко Н. И., Селлеш И. — "Высокомолекул. соединения", (Б), 1967, 9, № 3, 205.
83. "Пластические массы", 1967, № 10, 38. Авт.: И. И. Скороходов и др.
84. "Высокомолекул. соединения", 1971, (А), 13, № 8, 1886. Авт.: О. Я. Федотова, Г. С. Колесников, В. И. Горохов и др.
85. Scala L., Nicham W. — "J. Appl. Polym. Sci.", 1965, 9, 245.
86. "Гигиена и санитария", 1970, № 11, 82–83. Авт.: Х. Д. Джалалов, С. Д. Дубровский, И. Т. Азизов и др.
87. Родкин В. Б. — В кн.: Гигиена и токсикология высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза (Материалы 4-й Всесоюзной конференции, январь 1970 г.). Л., "Химия", 141–142.
88. Калинин Б. Ю. — В кн.: Токсикология высокомолекулярных материалов и химического сырья для их синтеза. М.—Л., "Химия", 1966, 143–153.
89. Мартынова А. П. Гигиена труда в производстве и переработке синтетических волокон. М., "Медицина", 1977, 60.
90. Конохов Л. М. — В кн.: 2-я Всесоюзная конференция по гигиене труда в промышленности строительных материалов и строительстве. Л., 1972, 37–37.
91. Крынская И. Л. — В кн.: Токсикология высокомолекулярных материалов и химического сырья для их синтеза. М.—Л., "Химия", 1966, 163.
92. Джежев А. М. — "Гигиена и санитария", 1967, № 3, 19–22.

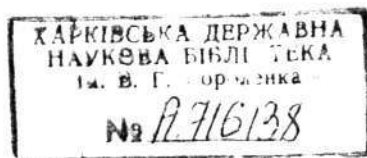
93. Д ж е ж е в А. М. Гигиена труда при переработке пластмасс методом литья под давлением. Автореф. канд. дис. М., Ин-т гигиены труда и профессиональных заболеваний АН СССР, 1966.
94. К о м а р о в а Е. Н. Материалы по токсикологии продуктов термоокислительной деструкции некоторых пластических масс. Автореф. канд. дис., Л., Лен. Гос. ин-т усовершенствования врачей им. С. М. Кирова, 1968.
95. "Пластические массы", 1975, № 5, 373. Авт.: О. К. Шапошников, В. М. Кисаров, В. Б. Салтанова и др.
96. Ш у м с к а я Н. И. — В кн.: Токсикология новых промышленных химических веществ. Вып. 4. М., Медгиз, 1962, 52.
97. С т а м о в а — В и т к о в с к а я Е. Н. — "Гигиена труда", 1968, № 11, 55.
98. З л о б и н а Н. С., И з ю м о в а А. С., Р а г у л ь е Н. Ю. — "Гигиена труда", 1975, № 12, 21–25.
99. П у ш к и н а И. К., С о б о л е в В. Б. — В кн.: Основные вопросы проблемы отдаленных последствий воздействия проф. ядов. М., 1976, 99–101.
100. Н о т к и н Е. Л., Ф у р с о в а Т. Т. — "Гигиена и санитария", 1972, № 8, 61–63.
101. М о и с е е в В. Д., С у с к и н а В. И., Н е й м а н М. Б. — "Пластические массы", 1966, № 2, 5.
102. Очистка промышленных выбросов и техника безопасности на химических предприятиях. М., НИИГЭХИМ, 1975, вып. 2, 23–27. Авт.: В. Б. Салтанова, В. П. Кисаров, Ю. К. Шапошников и др.
103. В о л к о в а В. А. Гигиена труда при использовании синтетического полимерного сырья в некоторых отраслях промышленности. Автореф. докт. дис. М., Н.-и. ин-т гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, 1969, 32.
104. "Гигиена труда", 1971, № 4, 46–47. Авт.: А. И. Майорова, Н. Я. Матюхин, Л. И. Розенберг и др.
105. В кн.: Гигиена труда. Респ. межвед. сбор., 1976, вып. 12, 36–40. Авт.: А. М. Шевченко, Н. Ф. Борисенко, Б. С. Горячковский и др.
106. К о з о д о й Н. П. — В кн.: Вопросы санитарной охраны внешней среды, гигиены труда и профилактики заболеваний. Л., 1972, 64.
107. Т р а х т е н б е р г И. М., П а у с т о в с к а я В. В., Б р а в е р м а н Р. С. — "Гигиена труда", 1962, № 1, 53–55.
108. Труды Азербайдж. НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний, 1971, вып. 7, 12–167. Авт.: Р. Х. Алиева и др.
109. "Пластические массы", 1975, № 9, 70–70. Авт.: И. Г. Голуб, Ю. С. Соин, Б. Ф. Теплов и др.
110. Z d r a z i l J., P i c h a F. "Pracov. lékařství", 1965, 17, № 6, 257–260.
111. Ч е г о д а е в Д. Д., Н а у м о в а Э. К., Д у н а е в с к а я Ц. С. Фторопласты. Л., Гос. н.-т. изд-во химич. лит-ры, 1960, 192.

112. Polakoff Ph. L., Busch K. A., Okava M. T. — "Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.", 1974, 35, № 2, 99–106.
113. Malten K. E., Zielhuis R. L. — "Industrial toxicology and dermatology in the production plastics". Amsterdam—London—New York, 1964.
114. Waritz R. S., Kwon B. K. — "Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.", 1968, 29, № 1, 19–26.
115. Morse A. E., Auscough P. B., Leitch L. C. — "Canad. J. Chem.", 1955, 33, № 3, 453–457.
116. Макулова И. Д. — "Гигиена труда", 1970, № 3, 27–30.
117. Straus S., Madorsky S. L. — "J. Res. Nat. Bur. of Standarts. Physics and chemistry", 1962, 6A, № 5, 401–407.
118. Lewis E. E., Kerby G. R. — "J. Amer. Med. Assoc.", 1965, 191, № 5, 375–378.
119. Scherwood R. G. — "Trans. Ass. Ind. Med. Officers", 1955, № 5, 10–19.
120. "Amer. Industr. Hyg. Assoc. J.", 1968, 29, № 1, 31–65. Авт.: Н. А. Birnbaum e. a.
121. Малкевич С. Г., Тарутина Л. И., Черешкевич Л. В. — "Пластические массы", 1960, № 6, 5–7.
122. Лукашева Н. В., Мартынова А. П., Соловьёва Т. В. — "Гигиена и санитария", 1965, № 10, 37–41.
123. Clayton J. W. — "Fluorine Chem. Rev.", 1967, № 1 (2), 197–252.
124. Scheel L. D., Lane W. C., Coleman W. E. — "Amer. Industr. Hyg. Assoc. J.", 1968, 29, № 1, 41–48.
125. "Toxicol. and Appl. Pharmacol.", 1974, 30, № 3, 369–376. Авт.: V. L. Carter e. a.
126. Milana V., Fishera G. — "Folia Medica", Napoli, 1962, 45, № 12, 1295–1306.
127. Rygvold O. — "Sidsskr. Norske laegeforen.", 1964, 84, № 12, 923, 928, 929.
128. "Arch. malad. prof.", 1970, 31, № 4–5, 237–241. Авт.: M. Gaultier e. a.
129. Capodaglio G., Monarga E., Vilo G. — "Russ. Med. Ind.", 1961, 30, 124–130.
130. Hassman P. — "Pracovni lekarstvi", 1968, 20, № 2–3, 102–105.
131. MacFarland H. N. — "Amer. Industr. Hyg. Assoc. J.", 1968, № 1, 7–9.
132. Благодарная О. А. — "Гигиена труда", 1973, № 5, 25–29.
133. Токсикология фторорганических соединений и гигиена труда в их производстве. М., "Медицина", 1975, 184. Авт.: А. И. Корбакова, И. Д. Макулова, Е. Н. Марченко и др.
134. Varher R., Jones A. E. — "Med. J. Austral.", 1967, 2, № 2, 60–61.
135. В кн.: Гигиенические вопросы производства и применения полимерных материалов (Сборник трудов НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана). М., 1969, 24–31. Авт.: М. А. Кратоткина, М. И. Фонгауз, Н. Л. Циркова и др.
136. В кн.: Гигиена. Новосибирск, 1968, 18–20. Авт.: Л. Я. Зиссер, Т. И. Беке-нева, А. И. Иоффе и др.

137. Cavagna G., Finulli M., Vigliani E.C. — "Med. Lavoro", 1961, 52, № 4, 251—261.
138. Б л а г о д а р н а я О. А. Гигиена труда при промышленной переработке фторопласта-4 и профилактика полимерной лихорадки. Автореф. канд. дис. М., Н.-и. ин-т гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, 1975.
139. Р о з и н а Г. Ю. — В кн.: Вопросы гигиены труда при получении и использовании некоторых полимерных материалов в промышленности (Сборник научных трудов). Л., Ленинградский НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний, 1968, 100—101.
140. Б а з а з ь я н А. Г. Гигиеническая оценка условий труда при напылении поливинилбутирала и токсикологическая характеристика продуктов его термоокислительной деструкции. Автореф. канд. дис. М., Московский н.-и. ин-т гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 1970.
141. Щ у п а к а с Д. Е. Вопросы гигиены труда и заболеваемость рабочих при переработке пластмасс на Вильнюсском заводе пластмассовых изделий. Автореф. канд. дис. Вильнюс, Каунасский медицинский ин-т, 1967.
142. В кн.: Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений. М.—Л., 1961, 11—12. Авт.: М. И. Эрман, В. И. Данилов, Г. А. Проценко и др.
143. К а к а у р и д з е Э. М., Д ж а н г а в а д з е О. Ш. — В кн.: Материалы научной сессии, посвященной 50-летию создания Союза Сов. Соц. республик. НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний ГССР, 1972. Тбилиси, 1972, 172—175.
144. В кн.: I-я Всесоюзная конференция по ранней диагностике, лечению, экспертизе трудоспособности и профилактике профессиональных заболеваний химической этиологии. М., 1971, 93—96. Авт.: А. И. Клейнер, Е. В. Крылова, Л. Н. Казинская и др.
145. П у щ и н Г. А. Медико-санитарное обслуживание рабочих производства пластмасс (по опыту Свердловского завода пластмасс). М., "Медицина", 1968.
146. Ш а ф а й з и е в У. Ю., Ш и л о в с к и х Г. П. — В кн.: Труды Узбекского НИИ санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний. Т. 5, 1973, 156—159.
147. В кн.: Гигиена и токсикология высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза (Материалы 4-й Всесоюзной конференции, январь 1970 г.). Под ред. С. Л. Данишевского. Л., "Химия", 1969, 143—145. Авт.: Л. А. Рыжик, Я. Д. Кравчинская, И. И. Циркуляникова и др.
148. Р а т н е р О. М. Основные вопросы гигиены труда в производстве теплоизоляционных плит на основе фенолоформальдегидной смолы. Автореф. канд. дис. Л., Лен. санитарно-гигиенический медицинский ин-т, 1970.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
Образование летучих продуктов при термическом воздействии на пластмассы	2
Токсичность летучих продуктов, образующихся при переработке полиолефинов	20
Полиэтилен	20
Полипропилен	21
Токсичность летучих продуктов, образующихся при переработке полистирольных пластиков	22
Пенополистирол	22
Сополимеры стирола	23
Токсичность летучих продуктов, образующихся при переработке поливинилхлорида	24
Токсичность летучих продуктов, образующихся при переработке фторсодержащих пластиков	26
Токсичность летучих продуктов, образующихся при переработке поливинилацетатных пластиков	31
Поливиниловый спирт	31
Поливинилбутираль	32
Токсичность летучих продуктов, образующихся при переработке фено-и аминопластов	33
Список литературы	34



УДК [678.5.01:536.46]:615.9

678.5.01:615.9

615.9:[678.5.01:536.46]

Токсичность летучих продуктов, образующихся в результате термического воздействия на пластмассы при их переработке. Обзорн. информ. Сер. "Полимеризационные пластмассы". М., НИИТЭХИМ, 1978.

В обзоре приведены сведения о токсичности летучих продуктов, образующихся в результате термического воздействия при переработке полиолефинов, полистирольных пластиков, поливинилхлорида, фторсодержащих и поливинилацетатных пластиков, а также фено- и аминокластов.