

Потенциальная опасность конструкционных, строительных и отделочных материалов объектов, обследуемых мобильными диагностическими группами в рамках проведения химического контроля

Ю.В. Ткачук, М.П. Шабельников, А.В. Терновой,

С.А. Ткаченко, Ю.П. Савинков, Е.А. Василькова

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации,
105005, Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский пер., д. 13

Поступила 07.12.2021 г. Принята к публикации 20.12.2021 г.

Наиболее сложной задачей мобильных диагностических групп (МДГ) войск РХБ защиты ВС РФ, предназначенных для выполнения задач радиационного, химического и биологического контроля, в том числе на массовых мероприятиях государственного и международного масштаба, является проведение химического контроля на объектах закрытого типа. Построенные с применением современных конструкционных, строительных и отделочных материалов, они имеют собственные источники загрязнения воздушной среды помещений. В ряде случаев использование при строительстве и отделке таких объектов полимерных и полимерсодержащих материалов приводит к возникновению в воздушной среде помещений зон заражения с высокой концентрацией химических примесей и продуктов их трансформации, что создает угрозу здоровью людей и влияет на достоверность результатов химического контроля. Наибольшую опасность представляет последний фактор, поскольку, приводя к неадекватной реакции аппаратуры химического контроля, он может замаскировать появление в воздухе отравляющих и/или аварийно химически опасных веществ, сводя на нет весь комплекс мер по обеспечению химической безопасности. *Цель работы* – анализ конструкционных, строительных и отделочных материалов, используемых при возведении и отделке объектов, систематически обследуемых МДГ, на предмет выявления токсичных летучих соединений. Показано, что в условиях наличия на обследуемых объектах мощных источников летучих веществ, в том числе токсичных, которые могут искажать результаты химического контроля, необходимо совершенствование оснащения и методического обеспечения мобильных диагностических групп.

Ключевые слова: воздушная среда замкнутых помещений; загрязняющие химические вещества; конструкционные, строительные и отделочные материалы; миграция и трансформация химических веществ; мобильные диагностические группы; токсичные летучие соединения; химический контроль.

Библиографическое описание: Ткачук Ю.В., Шабельников М.П., Терновой А.В., Ткаченко С.А., Савинков Ю.П., Василькова Е.А. Потенциальная опасность конструкционных, строительных и отделочных материалов объектов, обследуемых мобильными диагностическими группами в рамках проведения химического контроля // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 4. С. 315–338. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-4-315-338>

В соответствии с требованиями руководящих документов, в воинских частях непосредственного подчинения войск радиационной, хи-

мической и биологической защиты (далее – РХБ) содержатся мобильные диагностические группы (далее – МДГ), предназначенные для выполне-



Рисунок 1 – Участие МДГ в обеспечении РХБ безопасности массовых мероприятий (фотографии авторов)

ния задач РХБ контроля. Одной из основных задач МДГ является научно-техническое сопровождение и проведение РХБ контроля на массовых мероприятиях, в том числе – государственного и международного масштаба [1].

Как показывает опыт МДГ при подготовке и проведении массовых мероприятий за период с 2015 по 2020 годы, наиболее сложной задачей, с точки зрения достижения достоверности результата, является проведение химического контроля на объектах закрытого типа. Эти объекты, как правило, построены с применением современных конструкционных, строительных и отделочных материалов. Как следствие, они имеют собственные внутренние источники загрязнения воздушной среды помещений. К таким загрязнениям относятся химикаты, элиминируемые в атмосферу в результате выделения из отделочных полимерных и полимерсодержащих материалов и лакокрасочных покрытий, мебели, предметов интерьера, средств бытовой химии (моющие средства, полироли, дезодоранты и пр.) или в результате их деструкции при воздействии ряда внешних факторов (инсоляции, высокой температуры, другого неклассифицированного воздействия).

В ряде случаев и под воздействием определенных физико-химических факторов использование при строительстве и отделке объектов

закрытого типа полимерсодержащих материалов приводит к возникновению в воздушной среде внутренних помещений зон заражения, которые характеризуются высокой концентрацией химических примесей и продуктов их трансформации, значительно превышающей гигиенические нормативы, что создает угрозу здоровью людей, а также влияет на достоверность результатов химического контроля. Наибольшую опасность представляет последний фактор, поскольку, приводя к неадекватной реакции аппаратуры химического контроля, он может замаскировать появление в воздухе критически опасных веществ (отравляющих или аварийно химически опасных веществ (АХОВ)), сводя на нет весь комплекс мер по обеспечению химической безопасности.

Цель работы – анализ конструкционных, строительных и отделочных материалов, используемых при возведении и отделке объектов, систематически обследуемых МДГ, на предмет выявления токсичных летучих соединений, представляющих опасность для здоровья людей и мешающих проведению химического контроля.

В настоящей статье используются данные, полученные в результате исследований, проведенных коллективами НИИ, вузов и других научных организаций, занимающихся изуче-

нием и решением проблем в сфере экологии и гигиены человека и окружающей среды, а также в ходе выполнения МДГ войск РХБ защиты ВС РФ задач по предназначению.

Загрязняющие вещества в воздушной среде замкнутых пространств и их источники. В ноксологии понятие «опасность» определяется в целом как «неблагоприятное воздействие на человека и окружающую его среду вредных факторов различного происхождения, а также вероятность возникновения неблагоприятных событий, угрожающих жизни, здоровью, имуществу человека, его правам и интересам» [2], а в частности – как «негативное свойство систем материального мира, приводящее человека к потере здоровья или гибели» [3, 4].

В данной статье «опасность» рассматривается как прямая или косвенная возможность причинения вреда жизни или здоровью людей в результате воздействия токсичного химиката, находящегося в атмосферном воздухе в состоянии пара или аэрозоля, а также в результате маскировки токсичного химиката примесями, содержащимися в воздухе и мешающими его своевременному выявлению.

Под токсичностью (от греч. *Toxicon* – яд) понимается способность химических соединений оказывать вредное воздействие на живой организм. Она определяется предельно допустимой концентрацией (далее – ПДК) как максимальной концентрацией вредных примесей в атмосфере, отнесенной к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдаленные последствия). Опасность устанавливается в зависимости от величины ПДК, средней смертельной дозы и зоны острого или хронического действия.

Опасность воздушной среды определяется степенью ее загрязненности химическими веществами¹. Эти вещества поступают в воздушную среду замкнутых помещений в результате работы промышленных предприятий,

транспорта и т.д., а затем через вентиляционные системы попадают внутрь помещений, зданий и сооружений. Здесь они смешиваются и вступают в реакции с другими веществами, образуя в процессе работы бытовой и офисной техники и приборов, выделений из различных предметов интерьера, мебели, материалов отделки стен, потолков, напольных покрытий и т.д. В итоге качество воздушной среды замкнутых помещений может оказаться значительно хуже, чем атмосферного воздуха [5]. Эти проблемы относятся к любому замкнутому объему помещений объектов закрытого типа, в том числе обследуемых МДГ.

Как показывают исследования в области эколого-химических проблем закрытых помещений, потенциальными источниками загрязнителей воздуха, которые могут повлиять на достоверность результатов химического контроля в замкнутых объемах, при определенных условиях могут быть как сам человек, предметы и материалы, оборудование, вентиляционные системы, приборы и устройства, химические вещества, присутствующие в помещениях, так и деятельность человека и происходящие в помещениях процессы [6–16].

Данный аспект следует учитывать при определении потенциальных источников токсичных летучих соединений в воздушной среде помещений таких закрытых типовых объектов, как: спортивно-оздоровительные центры (спортивные залы и арены, бассейны); концертные и выставочные залы; залы заседаний и собраний, музеев, театров и кинотеатров; учебные и медицинские учреждения и т.п., в которых имеет место большое скопление людей. Перечисленные объекты, а также ряд других, были определены в результате обобщения опыта функционирования МДГ за период 2014–2021 гг.

В таблице 1 приведены источники загрязняющих химических веществ в воздухе замкнутых помещений и наиболее значимые вещества, выделяемые элементами объектов^{2, 3} [7].

В «Руководстве ВОЗ по качеству воздуха в помещениях: избранные загрязняющие вещества» (2010) представлены вредные летучие

¹ В соответствии с федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ, был разработан ряд санитарных правил и норм, определяющих требования к качеству атмосферного воздуха, жилым зданиям и помещениям, а также к полимерным строительным материалам: СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест; СанПиН 2.1.2.1002-00 Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям; СанПиН 2.1.2.2645-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях; СанПиН 2.1.2.729-99 Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности.

² ГОСТ Р ИСО 16000-1-2007. Национальный стандарт Российской Федерации. Воздух замкнутых помещений. Часть 1. Отбор проб. Общие положения. Введ. 15.03.2007. М.: Стандартинформ, 2007.

³ В перечень объектов здесь и далее включены также люди, животные, насекомые и биота. Несмотря на то, что они не являются конструктивными элементами, они, тем не менее, оказывают значительное влияние на них путем нанесения некоторых загрязнителей, разрушения или оказания другого физического или химического воздействия.

Таблица 1 – Источники загрязняющих химических веществ в воздухе замкнутых помещений и выделяемые вещества

Источник/причина	Процесс/деятельность	Используемая продукция	Выделяемые вещества
Биологические источники			
Люди, домашние животные, биота помещений	Дыхание	–	Диоксид углерода, водяной пар, пахучие вещества, выделяемые пищей; продукты жизнедеятельности насекомых, бактерий и грибов
	Выделение пота	–	Водяной пар, пахучие вещества
	Пищеварение, выделения, шелушение кожи	–	Газы пищеварительной системы, пахучие вещества и выделения, продукты разложения или выделения, бактерии
Тараканы, клещи и другие насекомые	Выделения	–	Аллергенная пыль
Крысы, мыши и другие грызуны	Выделения, выпадение шерсти, шелушение кожи	–	Аллергенная пыль, бактерии, вирусы, пахучие вещества
Комнатные растения	Испарение, перегнивание	–	Терпены и другие пахучие вещества, водяной пар, продукты разложения органических субстратов, гуминовые кислоты, аммиак
Плесень и грибки	Первичный и вторичный метаболизм, высвобождение спор	–	Грибки, клетки и составные элементы бактерий, летучие органические вещества, выделяемые микроорганизмами, токсины, выделяемые грибами, продукты разложения органических субстратов, гуминовые кислоты, аммиак
Строительные материалы и оборудование			
Здания, склады и торговые залы, строительные и отделочные материалы	Обработка, хранение, выделение газов, старение, износ, разложение	Вещества, консерванты и антикоррозийные средства, используемые в строительстве, растворители, пластификаторы, антисептики, огнестойкие материалы, утеплители, герметики, краски, присадки к бетону	Летучие органические соединения и частицы, соединения серы, фосфора, фтора, соли тяжелых металлов, мономеры, олигомеры, волокна (асбестовые, из минеральной ваты), радон (из гранита), амины и аммиак, фенол, формальдегид, стирол, толуол, ацетон, органические и неорганические кислоты
Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	Эксплуатация и обслуживание	Газоочистители, фильтры, утеплители, герметики, отложения, теплообменники	Микроорганизмы (в том числе легионелла), биоциды, волокна, пахучие вещества, водяной пар, озон, оксиды азота
Мебель	Обработка материалов, реконструкция, выделение газов	Мебель, напольные покрытия, покрытия из тканей, краски и лаки, покрытия стен	Мономеры и олигомеры, выделяемые пластиками, смолами, покрытиями поверхностей, клейкими веществами – формальдегид, ксилол, растворители, пластификаторы, стабилизаторы, биоциды, антипирены
Помещения и мебель	Клининг, очистка, уход	Покрытия, рабочие поверхности, сантехника, предметы, посуда и т.д.	Аммиак, вода, органические и неорганические сульфаты, парабыны, ПАВ, кислоты, щелочи, хлораты металлов, хлор, неорганические соединения хлора, эфиры и альдегиды (отдушки) и продукты их реакции с покрытиями объектов помещений
Деятельность в замкнутом помещении			
Приготовление пищи и нагревательные приборы	Процессы горения (отопление, приготовление пищи), открытый огонь	Уголь, печное топливо, газ, древесина, продукты питания	Газы (от центрального газоснабжения, в баллонах, природный), пары печного топлива, диоксид углерода, монооксид углерода, оксиды азота, водяной пар, взвешенные твердые частицы, углеводороды и многие другие органические вещества (продукты сгорания и обугливания)

Продолжение таблицы 1

Источник/причина	Процесс/деятельность	Используемая продукция	Выделяемые вещества
Личная гигиена	Средства по уходу за телом, косметика	Косметика, потребительские товары; вода в душе и ванной	Растворители, жидкости в аэрозольных баллончиках, духи, неорганические и органические аэрозоли (краски, пигменты, лаки, смолы), галогенпроизводные углеводороды
Санитарная обработка	Процедуры очистки и гигиены; борьба с вредителями	Моющие и чистящие, полирующие средства, дезинфицирующие средства, пестициды	Вода, аммиак, хлор, органические растворители, средства от насекомых, бактерицидные агенты и соединения хлора, бытовая пыль
Повседневная деятельность в офисах	Делопроизводство	Офисное оборудование, оборудование для электронной обработки данных, копировальный аппарат	Органические растворители, низколетучие органические вещества (пластификаторы, огнестойкие средства), компоненты тонеров, озон, парфюмерия
Спортивные сооружения закрытого типа, кинотеатры и концертные залы / большое скопление людей	Дыхание/метаболизм при повышенных нагрузках, разогревающие мази и спреи, продукты питания, фэйеры, баллончики с полицейскими средствами	Продукты жизнедеятельности организма человека и сопровитной биоты, залповые техногенные загрязнители	Оксид углерода, алифатические углеводороды, амины, альдегиды, кетоны, спирты, фенолы, жирные кислоты, метилмеркаптан, сероводород, сероокись углерода и сероуглерод
Места для табакокурения	Курение, вейпинг	Табачные изделия, аэрозольные курительные смеси	Монооксид углерода, оксиды азота, никотин, альдегиды, нитрозоамины и другие органические вещества – полициклические ароматические углеводороды, твердые аэрозоли, пропиленгликоль, глицерин, отдушки – эфиры, альдегиды, парабены
Гараж, кладовая	Хранение	Топливо, краски, лаки, чистящие средства и т.п.	Пары топлива, выхлопные газы, растворители
Транспортирование			
Транспортные средства	Транспортное средство (автомобиль, использование транспортного средства, грузовые машины, общественный транспорт)	Топливо, изделия из пластика и смол, утеплители, вентиляция, аккумуляторный электролит	Выхлопные газы двигателей и твердые частицы (монооксид углерода, оксиды азота, углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, бензол, содержащие свинец взвешенные частицы, дизельная сажа), пластификаторы (например, фталаты) и другие добавки, альдегиды, мономеры (например, стирол), озон
Загрязнение наружным воздухом			
Выбросы, обусловленные деятельностью человека	Вентиляция, просачивание и диффузия через поверхность здания	Торговые и промышленные организации, дорожное движение, печное отопление, сельское хозяйство, внешнее горение	Неорганические и органические газы и аэрозоли, растворители, аммиак, пахучие вещества, полициклические ароматические углеводороды
Природные выбросы	Вентиляция, проникание газов из почвы, пыль, принесенная ветром	Цветущие растения, присутствие радона в почве, морская пыль, ресуспендирование почвы, естественный распад	Пыльца, радон, метан, морская соль, частицы, микробы

Таблица 2 – Наиболее часто обнаруживаемые загрязняющие вещества и их возможные источники

Загрязняющее вещество	Источник
Углеводороды	
Толуол	Краски и лаки, средства для защиты древесины, связывающие вещества, печатная краска, полиграфические материалы, растворители, фломастеры, автозаправочные станции, бензин, выхлопные газы
Стирол	Изделия из полистирола (остаточный мономер), смола для герметизации, гранулы для плавки
Другие ароматические углеводороды:	Растворители, захороненные отходы, выхлопные газы
Алканы $C_6 - C_{15}$	Выхлопные газы, отходы нефтяного отопления, чистящие средства, краски и лаки
4-фенилциклогексен/ третичный изобутен	Ковровое покрытие
Полициклические ароматические углеводороды	Открытый огонь, незавершенные процессы горения, табачный дым
Терпены, в том числе	Первичный и вторичный метаболизм, высвобождение спор
Δ^3 -карен, пинен, лимонен	Терпентиновое масло (краски и лаки, средства для чистки полов, средства для защиты древесины, средства по уходу за мебелью), чистящие средства
Галогенпроизводные углеводороды	
Тетрахлорэтен, тетрахлорэтилен	Сухая чистка покрытий, одежды
Дихлорметан	Жидкости в аэрозольных баллончиках, жидкости для снятия краски, растворители
Трихлорэтен	Растворители
1,1,1-трихлорэтан	Корректирующая жидкость
Галогенпроизводные углеводороды (средне- и низколетучие)	
1,4-дихлорбензол	Дезинфицирующие средства, дезодоранты, нафталин
НСН-изомеры (например, линдан)	Средства для защиты древесины, средства от насекомых, краски и лаки
Пентахлорфенол	Средства для защиты древесины, краски и лаки, фунгициды
Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	Герметики, конденсаторы флуоресцентных ламп, огнестойкие средства
Полигалоидные дибензо-р-диоксины / фураны	Галогенсодержащие горючие вещества при открытом огне, пиролизе, средства для защиты древесины (в качестве примеси), огнестойкие средства, в том числе бромированные феноловые эфиры пластиков (телевидение, компьютеры)
Другие углеводороды и альдегиды	
Формальдегид	Открытый огонь, табачный дым, древесно-стружечные плиты, утеплители, дезинфицирующие средства
Ацетальдегид	Открытый огонь
Акролеин, гексаналь, нонаналь	Обжаривание, открытый огонь, нагар в радиаторе
Кетоны (ацетон, 2-бутанон, метилизобутилкетон)	Связывающие вещества, растворители
2-бутанон, метилизобутилкетон)	Связывающие вещества, растворители
Спирты (этанол, пропанол, 2-пропанол, гликоли)	Краски и лаки, средства для чистки ковров и обивки, косметика, связывающие, дезинфицирующие средства, антифризы, жидкости для снятия краски, фломастеры
1-этилгексанол	Напольное покрытие из поливинилхлорида

Продолжение таблицы 2

Загрязняющее вещество	Источник
Гликолевые эфиры	Чистящие средства, растворители красок
Фенолы	Жидкости для снятия краски, дезинфицирующие средства, средства для защиты древесины (карболинеум), дым
Эфиры	Краски и лаки, средства по уходу за мебелью, связывающие средства, пятновыводители, кремы для чистки обуви, средства для снятия лака для ногтей, растворители
Фталаты	Напольное покрытие, пластмасса, полиэтиленовая и полипропиленовая упаковка, пластмассовые конструкции, сосуды, пленки
2,2,4-триметилпентандиол диизобутират	Изделия из поливинилхлорида, связывающие вещества, краски
2,2,4-триметил-1,3-пентандиол изобутират	Изделия из поливинилхлорида, связывающие вещества, краски
Никотин	Табачный дым
Неорганические вещества	
Моноксид углерода (CO)	Открытый огонь, табачный дым, выхлопные газы
Диоксид углерода (CO ₂)	Открытый огонь, табачный дым, люди, выхлопные газы
Диоксид азота (NO ₂)	Открытый огонь, газовые приборы, табачный дым, выхлопные газы
Диоксид серы (SO ₂)	Серосодержащее топливо
Озон (O ₃)	Фотокопировальные устройства, лазерные принтеры
Аммиак	Напольное покрытие, цемент, выравнивающие средства, строительные растворы, пластификаторы
Радон	Строительные материалы (гранит, пемза, туф), полимерногранит
Ртуть и ее соли	Разбитые термометры, краски, продукты трансформации ртути в объектах окружающей среды
Свинец	Краски
Частицы	
Асбест	Утеплители, свободный асбест
Осадок волокон	Минеральная вата, строительные материалы
Аэрозоли	Дым
Взвешенные твердые частицы	Горение топлива, приготовление пищи, споры грибов, пыльца, животные, люди, бактерии, пыль, принесенная ветром

вещества, наиболее часто встречающиеся в воздухе помещений: бензол, оксид углерода, формальдегид, диоксид азота, полициклические ароматические углеводороды (особенно бенз[а]пирен), трихлорэтилен и тетрахлорэтилен⁴.

Перечень наиболее часто встречающихся в воздушной среде помещений загрязняющих химических веществ и их возможных источников приведен в таблице 2.

Как бы ни было изолировано помещение от внешней среды, воздухообмен обязательно происходит, и с атмосферным воздухом внутрь попадают практически все загрязняющие веще-

ства, находящиеся во внешнем воздухе, причем иногда в концентрациях, превышающих предельно допустимые [17]. Всегда происходит и обратный перенос – из помещения наружу [18].

В ходе экологических исследований, проведенных с помощью хромато-масс-спектрометрии (ХМС), в воздушной среде жилых и общественных зданий обнаружено одновременное присутствие около 560 летучих соединений, относящихся к различным группам, причем далеко не все они включены в нормативные списки веществ, подлежащих определению при санитарно-химических исследованиях [19].

⁴ WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. 2010. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf (дата обращения: 21.10.2021).

Таблица 3 – Групповой состав летучих соединений, идентифицированных в воздушной среде помещений

Группы соединений	Количество веществ	Диапазоны обнаруженных концентраций, мкг/м ³	Доля ненормированных веществ, %	Классы опасности
Предельные нормальные углеводороды	16	52-2520	44	4
Предельные разветвленные углеводороды	29	4-4150	100	-
Непредельные углеводороды	60	1-938	72	3-4
Циклические углеводороды	40	8-520	85	-
Инданы	13	4-230	100	-
Ароматические углеводороды	58	3-1524	57	2-4
Альдегиды	39	4-558	59	2-4
Терпены	29	2-790	83	-
Кетоны	46	2-4050	87	3-4
Спирты	39	5-1120	51	3-4
Эфиры	52	1-786	46	3-4
Фураны	17	12-552	80	-
Фенолы	5	30-323	60	2
Органические кислоты	12	1-958	42	2-3
Азотсодержащие углеводороды	48	1-421	77	2-4
Серосодержащие соединения	25	5-365	60	1-4
Галогенсодержащие углеводороды	28	11-1400	46	2-4

В таблице 3 приведен групповой состав летучих соединений, обнаруженных в воздушной среде закрытых помещений [20–24].

Кроме того, в воздухе помещений содержатся аэрозоли металлов: свинца, кадмия, ртути, меди, цинка, никеля, магния, хрома и др. Большинство из этих веществ обладают высокой токсичностью и относятся к I и II классам опасности.

Исследователи отмечают существенное возрастание, с течением времени, уровня загрязнения воздуха бытовых, офисных и производственных помещений токсичными летучими соединениями [20, 21].

Полимерные конструкционные, строительные и отделочные материалы как источники загрязнения жилых и общественных зданий. К основным потенциальным источникам миграции химических веществ в воздушную среду помещений относятся напольные

покрытия, мебель, бытовая и офисная техника, специальное оборудование, приборы и другие предметы интерьера, которые могут выделять летучие соединения, поскольку чаще всего изготавливаются из полимерных конструкционных материалов или имеют покрытия на основе полимерных композиций (поливинилхлоридные, полиизобутиленовые, полиизопреновые, бутадиенстирольные, винилсилоксановые, фенилвинилсилоксановые и фторорганические каучуки и резины).

Одним из самых мощных источников загрязнения жилых и общественных зданий являются применяемые в современном строительстве полимерные конструкционные, строительные и отделочные материалы [25–29].

Номенклатура строительно-отделочных материалов, изготавливаемых на основе полимеров или с их применением, содержит в настоящее время свыше 100 наименований [30].

Классификация полимерных конструкционных, строительных и отделочных материалов и области их использования представлены в таблице 4⁵ [31].

Материалы на основе полимеров имеют высокие технологические качества и потребительские характеристики. Вместе с тем, под действием ряда химических и физических факторов (в результате окисления кислородом воз-

духа, озонирования помещения, повышения температуры и влажности воздуха, инсоляции и др.) они могут подвергаться деструкции, выделяя в воздушную среду помещений летучие соединения [32, 33], в том числе токсичные.

Так, поливинилхлоридные материалы (панели, пленки, покрытия для пола) выделяют в воздух бензол, толуол, этилбензол, ксилол, циклогексан, бутанол [34]. Клеевой состав на осно-

Таблица 4 – Классификация полимерных конструкционных, строительных и отделочных материалов и области их использования

Наименование полимера (полимерного материала)	Область использования
Гомополимерные конструкционно-функциональные материалы	
Полиэтилен (ПЭ) и сополимеры	Листовой или рулонный гидроизоляционный материал; емкости (ванны, бадьи для раствора, канистры); трубы для водопроводов, сточных вод, газопроводов; фитинги, переходники для них; пленки; трубопроводы для горячих и химических агрессивных сред; покрытия на другие строительные материалы, ливнеспуски; неткановолокнистый материал для пола, в составе клея-расплава КРУС для зданий всех типов
Полистирол (ПС)	Декоративные плиты, облицовочные плитки для подсобных помещений жилых и общественных зданий в качестве основы для получения пенополистиролов
Поливинилбутираль	В составе лакокрасочных и клеевых материалов; связующих для армированных пластиков; в составе шпаклевки и краски для всех типов зданий
Полиметилметакрилат (ПММА)	Панели, в том числе цветные, пропускающие свет; блоки; стержни; трубы; профильные и фасонные детали и панели; световые купола; бытовые ванны; умывальники; различные корпуса; осветительные приборы; покрытия; модели и шаблоны
Поливинилацетат	В составе красок, покрытий, клеев, шпаклевок, штукатурок, для изготовления рулонного и листового гидроизоляционного материала, устойчивого к воздействию битума
Поликарбонаты (ПК)	Световые купола; жалюзи; остекления спортивных сооружений; стены душевых кабин; защитные каски и другие изделия
Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)	Пленки прозрачные; гидроизоляционный листовой и рулонный материал, текстильное волокно
Полиуретаны (ПУ)	В составе лаков, клеев, мастик, шпатлевок; для покрытия монолитных полов, облицовки бетонных емкостей при хранении мазута, для герметизации различных швов, в производстве жестких и мягких пенопластов
Фенольные смолы и материалы на их основе	Из ненаполненных смол – блоки, панели или стержни, из которых механическим способом изготавливают фурнитуру для окон и дверей; в составе эмалей и клея; в качестве связующего в полужестких теплоизоляционных плитах; из наполненных – фенопласты в составе слоистых пластиков (древесно-стружечных, древесно-волоконистых); биостойкие плиты; многослойная фанера; связующее для армированных пластиков (стекло-, угле- и органопластиков); в составе пресс-порошков и пресс-волоконитов для изготовления в последующем фурнитуры для интерьеров
Мочевино- и меламиноформальдегидные смолы и материалы на их основе	В качестве связующих в составе пресс-масс при изготовлении столярных материалов и декоративных многослойных клеевых плит и санитарно-технического оборудования; для изготовления влагостойких клеев и лаков, облицовочной фанеры; при изготовлении пенопластов
Поликомпонентные конструкционно-функциональные материалы	
Пресс-порошки и пресс-волокониты на основе олигомерполимерных связующих, порошкообразных и волоконистых наполнителей	При изготовлении отделочных изделий, строительной фурнитуры, плиток, химически стойких труб и вентилях для работы в агрессивных средах

⁵ См. также «Полимерные и полимерсодержащие материалы и конструкции, разрешенные к применению в строительстве. Письмо заместителя главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 18.07.02 № 1100/2403-2-110. Минздрав России. Москва. 2002.

Наименование полимера (полимерного материала)	Область использования
Слоисто-волоконистые материалы: полимеры и материалы, наполненные хлопчатобумажным, стекло-, угле-, органоволокном и бумагой, тканями на их основе	Для изготовления панелей; плиток, строительных конструкций в гражданских, общественных и производственных зданиях; прозрачных куполов и оболочек; перекрытий; облицовок профильных и погонажных изделий; труб; конструктивных элементов при строительстве бассейнов, емкостей, цистерн для горюче-смазочных материалов профильных оболочек; окон; дверей; ворот, мебели, дорожных знаков и др.
Древесноволокнистые пластики	В панелях перегородок потолков и в навесных панелях стен, обращенных внутрь помещений
Полимербетоны	При изготовлении крупноразмерных сборных элементов деталей стен и перил, санитарно-технических изделий в промышленном, гидротехническом, дорожном и подземном строительстве
Тепло- и звукоизоляционные материалы	
Пено- и поропласты (вспененные пластмассы)	Тепло- и звукоизоляционные материалы; герметизация стыков между стеновыми панелями в трехслойных панелях – средний слой; шпон для отделки листовых и плиточных материалов; утеплитель в асбоцементных панелях, в производстве мебели
Сотопласты	В самонесущих и навесных ограждающих конструкциях зданий и сооружений, в качестве среднего слоя трехслойных панелей
Древесноволокнистые и древесно-стружечные плиты	В качестве тепло- и звукоизоляционных материалов
Теплоизоляционные полимербетоны	В качестве внутреннего слоя в легких навесных стеновых панелях, ограждающих конструкции
Стекло- и минераловолокнистые плиты на синтетических связующих	Для тепловой изоляции строительных конструкций (стен, перегородок, полов), промышленного оборудования и трубопроводов
Материалы для полов	
Материалы рулонные, плиточные, листовые	Для покрытий полов в жилых, общественных и производственных зданиях
Материалы для бесшовных покрытий	Для покрытий полов в помещениях с агрессивными средами, мокрыми процессами, интенсивным движением, при ударных нагрузках
Рулонные материалы	
Отделочные материалы – листы, плиты и плитки	Для отделки стен, перегородок, потолков, дверей, изготовления различных видов мебели, солнцезащитных устройств
Погонажные изделия и архитектурно-строительные детали	При отделке стен, потолков, перегородок, дверей, лестничных маршей, встроенной мебели, в конструкции полов
Лаки, краски и эмали	Для отделки внутренних помещений и фасадов зданий, встроенной мебели
Антикоррозионные материалы	
Листовые, плиточные и рулонные материалы	В качестве облицовки бетонных, кирпичных и других поверхностей строительных конструкций, резервуаров, полов, бассейнов, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивных сред
Антикоррозионные мастики, замазки	В строительных конструкциях для защиты материалов и оборудования, эксплуатируемого в условиях воздействия агрессивных сред
Лакокрасочные покрытия	Для защиты конструкций и оборудования от коррозии
Клеи и мастики	
Клеи и мастики при креплении отделочных материалов	Для приклейки линолеума, отделочных плиток и ковровых полов на различные основания
Клеи для строительных конструкций	Для склеивания древесины, фанеры, древесноволокнистых и древесно-стружечных плит, полимеров и металлов
Другие материалы на полимерной основе	
Полимербетон	Для изготовления труб, несущих строительных конструкций, стоек, перемычек, опор контактной сети, шпал, плит, эстакад в химических производствах, решеток, несущих колонн

ве бутилкаучуковых мастик (используемых для укладки керамических плиточных покрытий, крепления линолеумов, текстильных ковровых покрытий) источает бензол, толуол, ксилол и некоторые другие ароматические углеводороды, причем их содержание в воздухе помещения может превышать ПДК в несколько раз [35].

Особенно сильно загрязняют воздушную среду древесноволокнистые плиты, изготовленные с использованием фенолформальдегидных и мочевиноформальдегидных смол. Из таких плит происходит миграция фенола, формальдегида, аммиака [36]. Ковровые покрытия выделяют стирол, ацетофенон, сернистый ангидрид. Из материалов, изготовленных на основе стеклопластиков, происходит эмиссия ацетона, метакриловой кислоты, толуола, бутанола, формальдегида, фенола, стирола. Лакокрасочные покрытия являются источником целого букета ароматов, связанных с летучими органическими соединениями, которые относятся к различным классам и обладают различным уровнем токсического воздействия на организм человека.

По данным хромато-масс-спектрометрии, практически все полимерсодержащие конструкционные и отделочные материалы, изделия из них (ДВП, ДСП, ковровые покрытия, мебель, утеплители, линолеумы, лаки, краски, мастики, обои, пленки, паркет, пластиковые окна, плитки, ткани, трубы, смесители, фитинги, шланги, и т.д.) выделяют в окружающую среду потенциально опасные для здоровья че-

ловека летучие экотоксиканты, из которых почти половина – это насыщенные, ненасыщенные и ароматические углеводороды, вторая половина – кислород-, азот-, серо- и галогенпроизводные [19, 37].

Динамика эмиссии химических загрязнителей из строительных и отделочных материалов в воздушную среду зданий зависит от различных физико-химических факторов (температуры, влажности, УФ-излучения и др.). Концентрации выделяемых экотоксикантов, в первую очередь фенола, стирола и формальдегида [38, 39], которые являются основными загрязнителями жилой среды в России, могут превышать установленные гигиенические регламенты в 2–20 раз. Как правило, формальдегид, стирол и фенол превышают ПДК в более чем 80 % проб, взятых внутри помещений [19].

Некоторые специальные химические средства, такие как антисептик рулонных и иных полимерсодержащих покрытий триклозан, стабилизирующая добавка нонилфенол, отвердитель эпоксидных смол бисфенол А и пластификаторы полимеров диалкилфталаты, выделяющиеся из строительных материалов и бытовых полимерных материалов, при сравнительно малой токсичности обладают способностью накапливаться в организме человека, нанося со временем ущерб здоровью [35, 40].

В таблице 5 представлен перечень веществ, подлежащих определению при санитарно-химических исследованиях основных типов поли-

Таблица 5 – Перечень веществ, подлежащих определению при санитарно-химических исследованиях основных типов полимерных конструкционных и строительно-отделочных материалов

Наименование полимерного материала	Типы конструкционных, строительно-отделочных материалов	Основные выделяемые токсичные вещества
Поливинилхлорид пластифицированный (супензионный и эмульсионный)	Двери, линолеумы, моющиеся обои, оконные рамы, декоративные пленки, плитусы, плиты, поручни	Винилхлорид, анизол, бензол, 1 бутанол, бутанон, винилацетат, гексен-1, гексилхлорид, 1 гексанол, мезитилен, метилхлорид, хлороформ, трихлорэтилен, ксилолы, кумол, псевдокумол, тетрахлорметан, толуол дибутилфталат, диоктилфталат, дидодецилфталат, циклогексанон, фенол, 2 этилгексаналь, этилацетат, метилэтилкетон, этилгексан
Фенолформальдегидные смолы	ДСП, ДВП, фенопласты	Формальдегид, фенол, аммиак, метанол
Карбамидные смолы	ДСП, ДВП	Формальдегид, метанол, аммиак (для карбамидно-формальдегидных смол), анилин (для анилиноформальдегидных смол)
Синтетические каучуки на основе 1,3-бутадиена и сополимеров 1,3-бутадиена с акрилонитрилом и стиролом	Резиновые коврики, линолеумы, резиновые плиты, пенорезиновые основы синтетических ковров	1,3-бутадиен, бензол, толуол, акрилонитрил (для бутадиен-нитрильных каучуков), стирол, 2-метилстирол (для бутадиен-стирольных каучуков), ацетальдегид, ацетон, 1-бутанол, изопрен, метилметакриловая кислота, метанол, ксилолы, сероуглерод, этилбензол
Полистирольные пластики, полистирол (блочный, супензионный, ударопрочный)	Плитка для отделки стен, декоративные панели, решетки, пленки, пенопласты	Стирол, формальдегид, бензол, метанол, толуол, этилбензол

Наименование полимерного материала	Типы конструкционных, строительно-отделочных материалов	Основные выделяемые токсичные вещества
Сополимер стирола с акрилонитрилом	Плитка для отделки стен, декоративные панели, решетки, пленки, пенопласты	Стирол, акрилонитрил, бензальдегид, формальдегид
АБС-пластики	Плитка для отделки стен, декоративные панели, решетки, пленки, пенопласты	Стирол, акрилонитрил, α-метилстирол, бензальдегид, бензол, ксилолы, кумол, толуол, этилбензол
Сополимер стирола с метакрилатом	Плитка для отделки стен, декоративные панели, решетки, пленки, пенопласты	Стирол, метилметакрилат, метанол, формальдегид
Сополимер стирола с α-метилстиролом	Плитка для отделки стен, панели, решетки, пленки, пенопласты	Стирол, α-метилстирол, ацетофенон, бензальдегид
Сополимер стирола с 1,3-бутадиеном	Плитка для отделки стен, декоративные панели, решетки, пленки, пенопласты и т.д.	Стирол, 1,3-бутадиен, ацетальдегид, ацетон, 1-бутанол, метанол, ксилолы
Вспененные полистиролы	Плитка для отделки стен, декоративные панели, решетки, пленки, пенопласты	Стирол, α-метилстирол, бензол, метанол, кумол, толуол, формальдегид, этилбензол
Полиуретаны, пенополиуретаны	Жесткие и мягкие пенопласты, клеи, лаки, герметики	1,3-бутадиен, ацетон, бензол, 1-бутанол, бутилацетат, изобутилацетат, толуиленидиозоцианат, этанол, этиленгликоль, этилацетат
Эпоксидные смолы	Стеклопластики, клеи, фунты, пенопласты, лакокрасочные покрытия, шпатлевка	Эпихлоргидрин, фенол, бисфенол А, формальдегид, дибутилфталат, аммиак, ацетон, 1-бутанол, гексаметилендиамин, ксилолы, малеиновый ангидрид, фталевый ангидрид этилбензол, этанол, этилендиамин, этаноламин
Полиэфирные смолы	Стеклопластики, лаки, клеи	Этиленгликоль, диэтиленгликоль, стирол (для полиэфирных смол, отвержденных стиролом) фталевый ангидрид, этилбензол (для полиэфирных смол, отвержденных стиролом), органические растворители
Поливинилацетат, полимеры на основе винилового спирта и его производных	Клеи, краски, лаки, герметики, грунты	Ацетальдегид, ацетон, бензол, винилацетат, метанол, этилацетат, уксусная кислота, дибутилфталат, диоктилфталат, формальдегид
Поливинилацетат с добавкой карбамидной смолы	Клеи, краски, лаки, герметики, грунты	Ацетон, этилацетат, бензол, дибутилфталат, диоктилфталат, винилацетат, формальдегид, метанол
Поливиниловый спирт	Клеи, краски, лаки, герметики, грунты	Ацетон, этилацетат, бензол, дибутилфталат, диоктилфталат, винилацетат, метанол

мерных и полимерсодержащих строительных материалов.

Согласно санитарно-химическим исследованиям строительных материалов, в действующих СНиП не учитываются многие токсичные летучие соединения, интенсивно выделяющиеся из прогреваемых еще до температуры воспламенения строительных материалов. В таблице 6 дана информация о классе опасности самых распространенных экотоксикантов, обнаруживаемых в строительных материалах [19, 41].

Мебель как источник загрязнения воздушной среды. Большая часть современной мебели производится из таких конструкционных материалов, как древесноволокнистые (далее – ДВП), древесно-стружечные и древесностлоистые

плиты (далее – ДСП), древесно-стружечные плиты с ориентированной стружкой (далее – ОСП), мелкодисперсионной фракцией (далее – МДФ), композиционные древесные материалы (далее – КДМ), содержащих карбамидоформальдегидные, меламиноформальдегидные или фенолформальдегидные смолы. Эти полимеры используются как связующий компонент для древесной стружки при изготовлении указанных конструкционных материалов, которые, в свою очередь, выделяют в воздушную среду помещений летучие, зачастую токсичные, вещества – например, фенол, формальдегид и многие другие [42].

Офисная мебель относится к категории мебели для общественных помещений. Она предназначена для обустройства (обстановки)

Таблица 6 – Классы опасности основных химикатов, содержащихся в строительных и отделочных материалах

Химикат	Класс опасности	Вероятность обнаружения, %	Кратность превышения ПДК	Источники загрязнения
Ацетальдегид	3	80	1–4	Мебель, лаки, краски, отделочные материалы
Ацетофенон	3	60	1–5	Мебель, технические материалы
Аммиак	4	50	1–4	Шпатлевки, бетоны, отделочные материалы
Винилхлорид	2	20	1–2	Линолеум, провода, кабели, отделочные материалы
Гексаналь	3	100	1–5	Мебель, лаки, краски, отделочные материалы
Бисфенол А	3	50	1–4	Стеклопластики, клеи, пенопласты, лаки, краски, покрытия, шпатлевка, тара
Микотоксины	2	50	1–5	ДВП, ДСП, мебель, отделочные материалы, обои
Нонилфенол	3	20	1–2	Отделочные материалы, технические средства
Триклозан	2	20	1–2	ДВП, ДСП, мебель, отделочные материалы, обои
Стирол	4	100	1–12	Отделочные материалы, технические средства
Формальдегид	2	100	1–20	ДВП, ДСП, мебель, отделочные материалы
Фенол	2	70	1–5	ДВП, ДСП, мебель, отделочные материалы
Фталаты	4	100	1–3	Клеи, краски, лаки, герметики, грунты, линолеумы, обои
Этилбензол	3	100	1–3	Отделочные материалы

предприятий и учреждений с учетом характера их деятельности и специфики функциональных процессов [30]. Требования к химической безопасности мебельной продукции установлены техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции», принятым решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 г. № 32, вступившим в силу с 1 июля 2014 г. В приложении 3 технического регламента приводится перечень контролируемых летучих химических веществ, выделяющихся из мебели в зависимости от химического состава конструкционных, облицовочных, отделочных, настилочных, обивочных и клеевых материалов, используемых при ее изготовлении (таблица 7).

Отделочные закрытые материалы используются для подготовительных работ перед окончательной отделкой (клеи, шпатлевки, грунтовки).

Отделочные открытые материалы применяются для окончательной отделки мебели, они непосредственно контактируют с воздухом помещения (лаки, краски, эмали,

искусственные декоративные текстильные и кожгалантерейные материалы и др.).

Натуральные и искусственные декоративные текстильные и кожгалантерейные материалы, используемые для отделки и обивки современной мебели (стулья, кресла, табуреты, диваны) и предметов интерьера [43], также являются потенциально опасными источниками выделения в воздушную среду помещений летучих примесей.

Перечень таких веществ приводится в требованиях к химической безопасности мебельной продукции, установленных Приложением 7 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности» (таблица 8).

В качестве отделочных материалов современных помещений и предметов интерьера, мебели, различного оборудования используются лакокрасочные материалы, в основе которых лежат химические вещества, многие из которых летучи и токсичны.

Лакокрасочные материалы как источники загрязнения воздушной среды в сооруже-

Таблица 7 – Требования к химической безопасности мебельной продукции

№ п/п	Наименование летучих химических веществ, выделяющихся при эксплуатации мебели в воздух помещений	ПДК, мг/м ³
1	Аммиак	0,04
2	Акрилонитрил	0,03
3	Ангидрид фосфорный	0,05
4	Бутилацетат	0,1
5	Винилацетат	0,15
6	Водород цианистый	0,01
7	Гексаметилендиамин	0,001
8	Дибutilфталат	0,1
9	Диоктилфталат	0,02
10	Диоксид серы	0,05
11	Ксилол	0,1
12	Капролактam	0,06
13	Метилметакрилат	0,01
14	Стирол	0,002
15	Спирт метиловый	0,5
16	Спирт бутиловый	0,1
17	Спирт изопропиловый	0,2
18	Толуол	0,3
19	Толуилендиизоцианат	0,002
20	Формальдегид	0,01
21	Фенол	0,003
22	Фталевый ангидрид	0,02
23	Хлористый водород	0,1
24	Этиленгликоль	0,3
25	Эпихлоргидрин	0,04
26	Этилацетат	0,1

Таблица 8 – Требования к химической безопасности кожгалантерейных изделий и материалов для их изготовления

Материалы	Наименования веществ, выделяющихся в воздух помещений	ПДК, мг/м ³
Натуральные материалы из растительного сырья, натуральная кожа	Формальдегид	0,003
Полиамидные	Формальдегид капролактam гексаметилендиамин	0,003 0,06 0,001
Полиэфирные	Формальдегид диметилтерефталат ацетальдегид	0,003 0,01 0,01
Полиакрилонитрильные	Формальдегид акрилонитрил винилацетат	0,003 0,03 0,15
Полиуретановые	Формальдегид толуилендиизоцианат ацетальдегид	0,003 0,002 0,01
Поливинилхлоридные	Формальдегид фенол диоктилфталат дибутилфталат ацетон	0,003 0,003 0,02 Не допускается 0,35

Продолжение таблицы 8

Материалы	Наименования веществ, выделяющихся в воздух помещений	ПДК, мг/м ³
Искусственные вискозные и ацетатные	Формальдегид	0,003
Полиолефиновые	Формальдегид ацетальдегид	0,003 0,01
Винилацетаты (искусственная кожа)	Формальдегид винилацетат диоктилфталат дибутилфталат	0,003 0,15 0,02 Не допускается
Кожа искусственная с полиуретановым или поливинилуретановым покрытием	Формальдегид диоктилфталат дибутилфталат	0,003 0,02 Не допускается
Резиновые	Формальдегид диоктилфталат дибутилфталат	0,003 0,02 Не допускается
Картон	Формальдегид	0,003

ниях закрытого типа. Лакокрасочные материалы (далее – ЛКМ) – это отделочные материалы на основе органических и неорганических связующих, образующих на обрабатываемой поверхности пленку с заданными свойствами.

Функционально ЛКМ можно разбить на шесть основных групп: краски, грунтовки, шпатлевки, лаки, эмали и порошковые краски.

В состав ЛКМ могут входить растворители (вещества, регулирующие вязкость), отвердители (вещества, способствующие ускорению высыхания), наполнители (вещества для удешевления ЛКМ и усиления их некоторых свойств), а также специальные добавки, призванные ре-

шать узкие задачи (например, уменьшающие образование пузырьков). Нередко в них присутствуют такие ядовитые составляющие, как соли тяжелых металлов и мышьяка. Лакокрасочные покрытия могут загрязнять воздушную среду помещений формальдегидом, толуолом, ксилолом, бензолом и др.

Перечень основных видов ЛКМ и выделяемых ими в воздушную среду высоколетучих продуктов (далее – ВЛП) представлен в таблице 9⁶.

Продукты трансформации органических соединений как источники загрязнения воздушной среды замкнутых пространств. Под

Таблица 9 – Допустимый уровень миграции ВЛП из лакокрасочных покрытий в воздушную среду при санитарно-эпидемиологической оценке основных видов лакокрасочных материалов

Виды лакокрасочных материалов	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³
Ацетобутиратцеллюлозные	Формальдегид	0,01
	Уксусная кислота	0,06
	Ксилол	0,1
Полиакриловые	Формальдегид	0,01
	Метилметакрилат	0,01
	Ксилол	0,1
Стирольно-акриловые	Формальдегид	0,01
	Метилметакрилат	0,01
	Стирол	0,002
Алкидно-акриловые	Формальдегид	0,01
	Метилметакрилат	0,01
	Стирол	0,002
	Фталевый ангидрид	0,02
	Ксилол	0,1

⁶ ГОСТ 33290-2015. Материалы лакокрасочные, применяемые в строительстве. Общие технические условия. Введ. 03.01.2016.

Продолжение таблицы 9

Виды лакокрасочных материалов	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³
Алкидные: глифталевые и пентафталевые	Формальдегид	0,01
Меламинные	Фталевый ангидрид	0,02
Нитроцеллюлозные	Ксилол	0,1
Битумные	Формальдегид	0,01
	Фенол	0,003
	Ксилол	0,1
Бутадиен-стирольные каучуковые хлоркаучуковые	Формальдегид	0,01
	Стирол	0,002
	Дибутилфталат	0,1
	Ксилол	0,1
Винилацетатные	Формальдегид	0,01
	Уксусная кислота	0,06
	Дибутилфталат	0,1
Поливинилацетальные; канифольные; масляные	Формальдегид	0,01
	Ксилол	0,1
Кремнийорганические	Формальдегид	0,01
	Хлористый водород	0,1
	Толуол	0,3
Масляно- и алкидностирольные	Формальдегид	0,01
	Фталевый ангидрид	0,02
	Стирол	0,002
	Ксилол	0,1
Карбамидные	Формальдегид диоктилфталат дибутилфталат	0,01 0,02 Не допускается
	Ксилол	0,1
	Спирт метиловый	0,5
Полиэфирные ненасыщенные порошковые	Формальдегид	0,01
	Стирол	0,002
Полиуретановые	Формальдегид	0,01
	Циановодород	0,01
	Фенол	0,003
	Ксилол	0,1
Полиуретан-акрилатные	Формальдегид	0,01
	Циановодород	0,01
	Метилметакрилат	0,01
	Бензол	0,1
Фенолоалкидные	Формальдегид	0,01
	Фенол	0,003
	Фталевый ангидрид	0,02
	Ксилол	0,1
Фенольные	Формальдегид	0,01
	Фенол	0,003
	Ксилол	0,1

Продолжение таблицы 9

Виды лакокрасочных материалов	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³
Перхлорвиниловые и поливинилхлоридные	Формальдегид	0,01
	Хлористый водород	0,1
	Дибутилфталат	0,1
	Ксилол	0,1
Сополимеровинилхлоридные	Формальдегид	0,01
	Хлористый водород	0,1
	Дибутилфталат	0,1
	Метилметакрилат	0,01
	Стирол	0,002
	Ксилол	0,1
Эпоксидные	Формальдегид	0,01
	Эпихлоргидрин	0,04
	Ксилол	0,1

влиянием естественных физико-химических факторов (озона, УФ-лучей, температуры, окислов азота и др.) происходят процессы трансформации органических веществ, содержащихся в воздухе и пыли помещений⁷. При этом у каждого органического соединения при воздействии физико-химических факторов в окружающей среде может образовываться до нескольких десятков продуктов трансформации, многие из которых более токсичны и опасны, чем исходное вещество.

В таблице 10 приведены продукты трансформации, образующиеся из конкретных органических веществ под воздействием внешних факторов окружающей среды, а также количество вновь образованных продуктов [21].

Так, под влиянием ультрафиолетового излучения или в присутствии следов озона и оксидов азота в воздушной среде углеводороды, особенно непредельные или ароматические, подвергаются трансформации. Например, при деструкции в этих условиях малотоксичного пентана образуются 26 новых соединений с более высокой токсичностью, среди которых обнаружены формальдегид, ацетальдегид, другие альдегиды, акрилонитрил, муравьиная кислота. При деструкции фенола обнаружены 25 соединений, в том числе нитрофенол, бензальдегид, ацетофенон, ацетальдегид [7].

При воздействии ультрафиолетового облучения образуется атомарный кислород, который затем участвует во вторичных реакциях окисления углеводородов с образованием альдегидов, кетонов и других кислородсодержащих соединений. В этих реакциях могут участвовать и оксиды азота. Образовавшиеся

альдегиды могут затем поступать с атмосферным воздухом в здания и сооружения закрытого типа через систему вентиляции.

Как показывает экологический мониторинг, миграция токсичных веществ из полимерных строительных и отделочных материалов обуславливается деструкцией последних в процессе их эксплуатации под воздействием внешних химических и физических факторов (окисления, повышенной температуры и влажности [44], солнечного УФ-излучения, биокоррозии и др.), а также в чрезвычайных ситуациях (ливни, подтопления, аномальная жара, пожары, аварийные ситуации в системах жизнеобеспечения). При возникновении пожара процессы горения и термораспада полимерных строительных и отделочных материалов нередко сопровождаются выделением не только углекислого и угарного газов [45], но и хлора, фтора, галогеноводородов, фосгена, синильной кислоты, изоцианатов, диоксинов и прочих опасных токсичных веществ [19, 46–50].

Уровень выделения летучих токсичных веществ заметно возрастает при повышении температуры на поверхности полимерных материалов [41].

Так, формальдегид из ДСП и винилхлорид из линолеума в значительных количествах выделяются уже на начальной стадии пожара, при температурах 80–90 °С [19]. При термоокислительном разложении пенополиуретанов (далее – ППУ), широко используемых в строительстве, наряду с аммиаком, ацетоном, бензолом, толуолом, анилином, акрилонитрилом, ацетонитрилом, диоксидом углерода, оксидом этилена и

⁷ Дроздова Е.В. Определение органических легколетучих токсикантов массивом пьезосенсоров для оценки безопасности полимерных материалов: дис... канд. хим. наук. Воронеж, 2016. 263 с.

Таблица 10 – Продукты трансформации органических соединений под действием физико-химических факторов (озон, оксиды азота, УФ-излучение) в реальных условиях

Соединение	Продукты трансформации	Количество веществ
Бензол	Нитробензол, нитрофенол, метилнитрат, нитрометан, пропионитрил, 2-бутанон, изобутиронитрил, бензонитрил, бутилнитрат, нитропропан, диоксан, ацетон, формальдегид, бутанол, бутаналь, бензальдегид	16
Толуол	Бензальдегид, крезолы, нитротолуолы, 4-нитрофенол, нитрокрезолы, 2-метил-6-нитрофенол, 2-метил-4-нитрофенол, ацетон, формальдегид, ацетальдегид, акролеин, диацетил, бензилнитрат	19
Бензол + толуол	Диэтиловый эфир, изопропанол, метилнитрат, нитрометан, пропионитрил, бутаналь, бутанон, изобутиронитрил, бутанол, пентанол, изобутилацетат, нитрат, нитропропан, метилизобутилкетон, изобутилацетат, гексаналь, циклогексанон, 2-метил-бутилацетат, пропилбутират, бутилнитрат, бутилпропионат	21
Пентан	Формальдегид, ацетальдегид, метанол, ацетон, диметиловый эфир, пропанол, изопропанол, метилнитрит, метилнитрат, уксусная кислота, муравьиная кислота, пропионовый, масляный альдегид, пропеннитрил, 2-метилбутаналь, 2-метилпропаналь, метилэтилкетон, 2-пентанон, 2-гексанон, бензальдегид, бензонитрил, бензофуран, бутилацетат, фурфураль	26
Фенол	Ацетальдегид, фуран, винилацетат, бутаналь, 2-бутанон, 1-метил-1,2,4-триазол, пентаналь, муравьиная и уксусная кислоты, гексаналь, фенилацетилен, циклогексанон, 2-гептанон, гептаналь, бензальдегид, октаналь, фенилацетальдегид, ацетофенон, нитробензол, 1-фенил-1,2-пропандион, нонаналь, о-нитрофенол, деканаль, ундеканаль, додеканаль	25

др. в воздушную среду выделяются и наиболее опасные токсичные соединения: циановодород, изоцианаты, ароматические и третичные алифатические амины и трихлорэтилфосфат [41].

Проведенные в последние годы детальные исследования показали, что полимерные строительные материалы могут оказаться источником выделения и тяжелых металлов: свинца, хрома, никеля [5].

Загрязняющие вещества в воздушной среде замкнутых пространств как причина возможных ошибок при проведении химического контроля. Приведенные выше данные показывают, что воздушная среда замкнутых пространств помещений на объектах закрытого типа, в том числе обследуемых МДГ, может содержать значительное количество соединений, являющихся не только летучими, но и токсичными.

Аппаратурное оснащение МДГ предназначено, в первую очередь, для выявления ОВ и ряда наиболее опасных АХОВ.

Приведенные выше перечни соединений содержат гораздо больше веществ, причем многие из них фактически являются веществами 3-4 классов опасности, в связи с чем контроль

их наличия в воздухе не требуется. Тем не менее, как показала практика проведения обследования объектов и осуществления химического контроля на их территории, некоторые соединения (при их наличии в воздухе) приводят к возникновению значительных сложностей.

Их можно разделить на четыре типа:

- вещества, вызывающие ложное положительное срабатывание приборов экспресс-анализа по типу определения наличия ОВ или ТХ, в результате ложного отнесения загрязнителя к целевым химикатам и провоцирующие осуществление полного перечня мероприятий РХБ защиты, включая экстренное прекращение ответственного мероприятия и эвакуацию людей;
- вещества, вызывающие пропуск приборами экспресс-анализа наличия ОВ или ТХ в результате понижения их чувствительности или полного «ослепления» и косвенно приводящие к поражению людей и личного состава МДГ;
- вещества, являющиеся летучими и токсичными, не входящие в перечень веществ, определяемых с помощью приборов экспресс-анализа МДГ, но приводящие к токсическому поражению людей (даже легкому и, в некоторых

случаях, субъективному) на объекте и, следовательно, к выводу о невыполнении МДГ задачи по предназначению;

- вещества, являющиеся летучими и малотоксичными, но обладающие сильным запахом, не входящие в перечень веществ, определяемых с помощью приборов экспресс-анализа МДГ, не приводящие к токсическому поражению людей на объекте, но вызывающие значительный психологический эффект и значительно усложняющие выполнение задач МДГ, особенно в случае формирования доклада об отсутствии на объекте опасного химического заражения.

Таким образом, наличие в воздухе объекта, обследуемого МДГ, веществ из вышеприведенного перечня формирует ту самую опасность, которая была описана в определении вводной части. Причем нейтрализация этой опасности на текущий период трудоемка, затратна и, по этой причине, затруднена.

Наличие столь широкого перечня потенциально опасных соединений, которые могут содержаться на обследуемых объектах, диктует необходимость разработки новых методических подходов, предназначенных для расширения возможностей МДГ по их выявлению и формированию реакции, направленной на обеспечение выполнения задач МДГ в любых условиях, что является направлением дальнейших исследований.

Выводы

В результате анализа конструкционных, строительных и отделочных материалов, ис-

пользуемых на типовых объектах, обследуемых МДГ, установлено, что в основном источником летучих соединений являются материалы, состоящие из полимерных композиций – таких, как краски, пленки, напольные и настенные покрытия, особенно в тех случаях, когда с момента их изготовления и распаковки прошло не более 3 месяцев. Мощным источником летучих соединений являются элементы мебелировки помещений. Практически вся мебель, устанавливаемая в офисных помещениях, учебных и выставочных залах, делается из комплекса материалов, содержащих клей, пластификаторы и другие связующие компоненты. Эмиссия высоколетучих соединений из подобных материалов весьма значительна и достигает таких уровней, когда они обнаруживаются органолептически.

Таким образом, практически на всех объектах, обследуемых МДГ, с высокой вероятностью содержатся мощные источники летучих веществ, в том числе токсичных, наличие которых может отрицательно повлиять как на здоровье людей, находящихся на объектах, так и на результаты химического контроля, что также в конечном итоге потенциально может повлиять на здоровье людей, в том числе самым пагубным образом (в случае маскировки воздействия высокотоксичных веществ). Указанные факторы определяют необходимость совершенствования оснащения и методического обеспечения мобильных диагностических групп.

Вклад авторов

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Список источников/References

1. Шабельников М.П., Михайлов В.Г., Терновой А.В. и др. Деятельность мобильной диагностической группы 27 НЦ МО РФ // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. № 3. С. 55–63.

Shabelnikov M.P., Mikhaylov V.G., Ternovoy A.V. et al. Activities of the Mobile diagnostic group of the «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation // Journal of NBC Protection Corps.

2018. V. 2. № 3. P. 55–63 (in Russian).

2. Ноксология. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. С. 9.

Noxology. Moscow: Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2015. P. 9 (in Russian).

3. Белов С.В., Симакова Е.Н. Ноксология: учебник и практикум для вузов. М., Юрайт, 2021. С. 37, 38.

Belov S.V., Simakova E.N. Noxology. Moscow: Yurayt, 2021. P. 37, 38 (in Russian).

4. Ноксология: учебник / Е.Е. Барышев, А.А. Волкова, Г.В. Тягунов, В.Г. Шишкун; под общ. ред. Е.Е. Барышева. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. С. 133.

Noxology: Textbook / E.E. Baryshev, A.A. Volkova, G.V. Tyagunov, V.G. Shishkunov; Ed. E.E. Baryshev. Yekaterinburg: Ural University Publishing House, 2014. P. 133 (in Russian).

5. Гулимова Е.В., Младова Т.А., Муллер Н.В. Экологическая безопасность строительных материалов и изделий: учеб. пособие. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014.

Gulimova E.V., Mladova T.A., Muller N.V. Environmental Safety of Building Materials and Products. Komsomolsk-on-Amur: Publishing House of FGBOU VPO «KnAGTU», 2014 (in Russian).

6. Никифорова Н.В., Кокоулина А.А., Загороднов С.Ю. Оценка загрязненности воздуха жилых помещений формальдегидом в условиях применения полимерсодержащих строительных и отделочных материалов // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 28–32.

Nikiforova N.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S. Yu. Assessment of air pollution of residential premises with formaldehyde in the conditions of using polymer-containing building and finishing materials // Hygiene and Sanitation. 2016. V. 95. № 1. P. 28–32 (in Russian).

7. Будников Г.К. Эколого-химические и аналитические проблемы закрытого помещения // Человек и среда его обитания. М.: Мир, 2003.

Budnikov G.K. Ecological-chemical and analytical problems of a closed room // Man and His Environment. Moscow: Mir, 2003 (in Russian).

8. Srinandini Parthasarathy, Maddalena R.L., Russell M.L., Apte M.G. Effect of temperature and humidity on formaldehyde emissions in temporary housing units // Journal of the Air & Waste Management Association. 2011. V. 61. № 6. P. 689–695. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.61.6.689>

9. Van Netten C., Shirtliffe C., Svec J. Temperature and humidity dependence of formaldehyde release from selected building materials // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1989. V. 42. P. 558–565.

10. Jianyin Xiong, Pianpian Zhang, Shaodan Huang, Yinping Zhang. Comprehensive influence of environmental factors on the emission rate of formaldehyde and VOCs in building materials: Correlation development and exposure assessment // Environmental Research. 2016. V. 151. P. 734–741.

11. Губернский Ю.Д., Калинина Ю.Д. Гигиеническая характеристика химических факторов риска в условиях жилой среды // Гигиена и санитария. 2001. № 4. С. 21–24.

Gubernskiy Yu.D., Kalinina Yu.D. Hygienic Characteristics of Chemical Risk Factors in the Living Environment // Hygiene and Sanitation. 2001. № 4. P. 21–24 (in Russian).

12. Макс А.А., Евдошенко В.С., Загороднов С.Ю. Проблема безопасности жилых помещений в условиях использования строительных материалов с полимерным компонентом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1–8. С. 2065–2069.

Max A.A., Evdoshenko V.S., Zagorodnov S.Yu. The problem of the safety of residential premises in the conditions of using building materials with a polymer component // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011. V. 13. № 1–8. P. 2065–2069 (in Russian).

13. Цховребов Э.С., Четвертаков Г.В., Шканов С.И. Экологическая безопасность в строительной индустрии. М.: Альфа-М, 2014. 304 с.

Tskhovrebov E.S., Chetvertakov G.V., Shkanov S.I. Environmental safety in the construction industry // Moscow: Alfa-M, 2014. 304 p. (in Russian).

14. Вернигорова В.Н., Макридин Н.И., Соколова Ю.А. Современные химические методы исследования строительных материалов: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по строит. специальностям. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2003 (ППП Тип. Наука). 223 с. (в пер.).

Vernigorova V.N., Makridin N.I., Sokolova Yu.A. Modern chemical methods for the study of building materials: textbook Moscow: Publishing house of Assots. builds. universities, 2003 (PPP Type. Science). 223 p. (in translation).

15. Никифорова Н.В., Май И.В. К проблеме нормирования миграции формальдегида из полимерсодержащих строительных, отделочных материалов и мебели // Гигиена и санитария. 2017. Т. 97. № 1. С. 43–49. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-4>

Nikiforova N.V., May I.V. On the Problem of Regulation of Formaldehyde Migration from Polymer-Containing Building, Finishing Materials and Furniture // Hygiene and Sanitation. 2017. V. 97. № 1. P. 43–49. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-4> (in Russian).

16. Vardoulakis S., Giagloglou E., Steinle S. et al. Indoor exposure to selected air pollutants in the home environment: a systematic review // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020. V. 17. № 23. P. 8972. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238972>

17. Волкова Н.Г., Цешковская Е.Ю. О необходимости разработки критериев оценки качества внутренней среды помещений. качество воздуха, относительная влажность и акустические воздействия // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году. Сборник научных трудов РААСН. Российская академия архитектуры и строительных наук. М., 2020. С. 143–151.

Volkova N.G., Tseshkovskaya E.Yu. On the need to develop criteria for assessing the quality of the indoor

environment, air quality, relative humidity and acoustic impacts // Fundamental, Exploratory and Applied Research of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences on Scientific Support for the Development of Architecture, Urban Planning and the Construction Industry of the Russian Federation in 2019. Collection of Scientific Works of RAASN. Russian Academy of Architecture and Building Sciences. Moscow. 2020. P. 143–151 (in Russian).

18. Волкова Н.Г., Цешковская Е.Ю. Экологические аспекты микроклимата жилых и общественных зданий // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2019. № 4 (28). С. 63–73.

Volkova N.G., Tseshkovskaya E.Yu. Environmental aspects of the microclimate of residential and public buildings // Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2019. № 4 (28). P. 63–73 (in Russian).

19. Рудаков О.Б. Хроматографический анализ строительных материалов // Аналитика. 2017. № 6 (37). С. 64–73.

Rudakov O.B. Chromatographic analysis of building materials // Analytics. 2017. № 6 (37). P. 64–73 (in Russian).

20. Проданчук Н.Г., Дышиневи́ч Н.Е., Балан Г.М. и др. Гигиенические и клинические аспекты синдрома «больных зданий» и перспективы охраны здоровья населения // Современные проблемы токсикологии. 2006. № 2. С. 5–12.

Prodanchuk N.G., Dyshinevich N.E., Balan G.M. et al. Hygienic and clinical aspects of the syndrome of «sick buildings» and the prospects for public health protection // Modern Problems of Toxicology. 2006. № 2. P. 5–12 (in Russian).

21. Малышева А.Г., Юдин С.М. Трансформация химических веществ в окружающей среде, как неучтенный фактор опасности для здоровья населения // Химическая безопасность. 2019. Т. 3. № 2. С. 45–66.

Malysheva A.G., Yudin S.M. Transformation of chemical substances in the environment as an unaccounted factor of danger to public health // Chemical Safety. 2019. V. 3. № 2. P. 45–66 (in Russian).

22. Малышева А.Г. Летучие органические соединения в воздушной среде помещений жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 1999. № 1. С. 43.

Malysheva A.G. Volatile organic compounds in the air environment of residential and public buildings // Hygiene and Sanitation. 1999. № 1 P. 43 (in Russian).

23. Малышева А.Г., Гуськов А.С., Козлова Н.Ю. и др. Аналитические аспекты гигиенической оценки ионизации воздуха общественных помещений // Гигиена и санитария. 2006. № 4. С. 32.

Malysheva A.G., Guskov A.S., Kozlova N.Yu. et al. Analytical aspects of hygienic assessment of air ionization in public premises // Hygiene and Sanitation. 2006. № 4. P. 32 (in Russian).

24. Малышева А.Г., Растянников Е.Г., Ушаков Д.И. Химико-аналитические исследования при

гигиенической оценке безопасности влияния биологических факторов на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2010. № 5. С. 42.

Malysheva A.G., Rastyannikov E.G., Ushakov D.I. Chemical-Analytical Studies in the Hygienic Assessment of the Safety of the Influence of Biological Factors on the Health of the Population // Hygiene and Sanitation. 2010. № 5. P. 42 (in Russian).

25. Дедкова Л.А., Лисецкая Л.Г. Эмиссия формальдегида в воздух закрытых помещений // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. № 3 (79). С. 2.

Dedkova L.A., Lisetskaya L.G. Emission of formaldehyde into indoor air // Bulletin of the All-Union Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences. 2011. № 3 (79). P. 2 (in Russian).

26. Фомин Г.С., Фомин О.Н. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам. Справочник. М.: Протектор, 2002. 432 с.

Fomin G.S., Fomin O.N. Air. Contamination control according to international standards. Directory. Moscow: Protektor, 2002. 432 p. (in Russian).

27. Hess-Kosa, K. Building materials: product emission and combustion health hazards. 2017.

28. Левин Е.В., Окунев А.Ю., Цешковская Е.Ю. Экология помещений. Влияние строительных и отделочных материалов // Строительные материалы. 2021. № 6. С. 41–46.

Levin E.V., Okunev A.Yu., Tseshkovskaya E.Yu. Ecology of premises. Influence of building and finishing materials // Building Materials. 2021. № 6. P. 41–46 (in Russian).

29. Зима А.Г. Экологичность отделочных строительных материалов. Критерии выбора (с точки зрения воздействия на организм человека) // Заметки ученого. 2020. № 10. С. 253–271.

Winter A.G. Environmental friendliness of finishing building materials. Selection criteria (from the point of view of impact on the human body) // Notes of a Scientist. 2020. № 10. P. 253–271 (in Russian).

30. Скворцов Ф.И., Швецова-Шилова Т.Н., Пантелеев В.В. и др. Потенциальная опасность современных отделочных и строительных материалов // Химия и технология органических веществ. 2019. № 2 (10). С. 54–62.

Skvortsov F.I., Shvetsova-Shilovskaya T.N., Panteleev V.V. et al. Potential danger of modern finishing and building materials // Chemistry and Technology of Organic Substances. 2019. № 2 (10). P. 54–62 (in Russian).

31. Гильденскиольд Р.С., Аксенова Л.П., Кузнецова Г.М. Полимерные и полимерсодержащие материалы и конструкции, разрешенные к применению в строительстве. М.: Минздрав России, 2002. 140 с.

Gildenskiold R.S., Aksenova L.P., Kuznetsova G.M. Polymer and polymer-containing materials and structures permitted for use in construction. Moscow: Ministry of Health of Russia, 2002. 140 p. (in Russian).

32. Руденко Г.И., Мальцев В.В., Студенич-

ник В.И., Устинов Е.П. Газохроматографический анализ летучих веществ, выделяющихся в окружающую среду из полимерных материалов // Журн. аналит. химии. 1985. Т. 40. № 6. С. 1119–1127.

Rudenko G.I., Maltsev V.V., Studenichnik V.I., Ustinov E.P. Gas chromatographic analysis of volatile substances released into the environment from polymer materials // J. Anal. Chem. 1985. V. 40. № 6. P. 1119–1127 (in Russian).

33. Зибарев П.В., Зубкова Т.П. Экологическая безопасность полимерных строительных материалов. Анализ газовой выделений // Экология промышленного производства. 2007. № 2. С. 27–33.

Zibarev P.V., Zubkova T.P. Environmental safety of polymer building materials. Gas emission analysis // Ecology of Industrial Production. 2007. № 2. P. 27–33 (in Russian).

34. Бодиевская Г.М. Проблемы и перспективы производства винилхлорида и его токсичность (Обзор) // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 5. № 6. С. 68–76.

Bodienkova G.M. Problems and Prospects of Vinyl Chloride Production and Its Toxicity (Review). Safety in the Technosphere. 2017. V. 5. № 6. P. 68–76 (in Russian).

35. Рудаков О.Б., Хорохордина Е.А., Грошев Е.Н. и др. Хроматография в контроле качества и безопасности строительных материалов // Аналитика и контроль. 2016. № 4. С. 254–265.

Rudakov O.B., Khorokhordina E.A., Groshev E.N. et al. Chromatography in quality control and safety of building materials // Analytics and Control. 2016. № 4. P. 254–265 (in Russian).

36. Русаков П.А., Новиков В.Ф. Экологическая оценка строительно-отделочных материалов пленочных покрытий // Поволжский научный вестник. 2017. № 2. С. 15–19.

Rusakov P.A., Novikov V.F. Environmental assessment of construction and finishing materials of film coatings // Povolzhsky Scientific Bulletin. № 2. 2017. P. 15–19 (in Russian).

37. Грошев Е.Н., Рудаков О.Б., Подолина Е.А. и др. Применение хроматографических методов в контроле качества и безопасности строительных материалов (обзор) // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. № 3. С. 335–349.

Groshev E.N., Rudakov O.B., Podolina E.A. et al. Application of chromatographic methods in quality control and safety of building materials (review) // Sorption and Chromatographic Processes. 2011. V. 11. № 3. P. 335–349 (in Russian).

38. Никифорова Н.В., Май И.В. К проблеме нормирования миграции формальдегида из полимерсодержащих строительных, отделочных материалов и мебели // Гигиена и санитария. 2017. Т. 97. № 1. С. 43–49. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-4>

Nikiforova N.V., May I.V. On the problem of regulation of formaldehyde migration from polymer-containing building, finishing materials and furniture // Hygiene and Sanitation. 2017. V. 97. № 1. P. 43–49.

<http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-43-4> (in Russian).

39. Nielsen G.D., Larsen S.T., Wolkoff P. Review, recent trends in risk assessment of formaldehyde exposures from indoor air // Arch. Toxicol. 2013. V. 87. P. 73–98.

40. Зубкова Т.П., Недавиный О.И., Зибарев П.В. Система контроля качества полимерных материалов в современных строительных технологиях // Вестник ТГАСУ. 2007. № 1. С. 191–203.

Zubkova T.P., Recent O.I., Zibarev P.V. The system of quality control of polymeric materials in modern building technologies // Bulletin of TSASU. 2007. № 1. P. 191–203 (in Russian).

41. Калач А.В., Перегудов А.Н. Моделирование системы обнаружения потенциально вредных и токсичных веществ в закрытых помещениях в режиме реального масштаба времени // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 4 (21). С. 23–73.

Kalach A.V., Peregudov A.N. Modeling a system for detecting potentially harmful and toxic substances in closed rooms in real time // Pozharovzryvobezopasnost. 2012. № 4 (21). P. 23–73 (in Russian).

42. Лукьянова Л.А., Степанова Е.В., Харитонов Е.А. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности в урбанистической среде обитания. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2014.

Lukyanova L.A., Stepanova E.V., Kharitonova E.A. Environmental aspects of life safety in an urban environment. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University, 2014 (in Russian).

43. Even M., Wilke O., Kalus S. et al. Formaldehyde emissions from wooden toys: comparison of different measurement methods and assessment of exposure // Materials (Basel). 2021. V. 14. № 2. P. 262. <https://doi.org/10.3390/ma14020262>

44. Changqing Su, Hua Ming, Ye Yang et al. Estimates of parameters for formaldehyde emission model from plywood panel under various temperature and relative humidity conditions // J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard Subst. Environ. Eng. 2019. V. 54. № 1. P. 48–55. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1511363>

45. Справочник спасателя. Книга 5. Спасательные и другие неотложные работы при пожарах. М.: ВНИИ ГОЧС, 2006. С. 15.

Rescuer handbook. Book 5. Rescue and other urgent work in case of fires. Moscow: VNII GOChS, 2006. P. 15 (in Russian).

46. Тришкин Д.В., Чепур С.В., Толкач П.Г. и др. Пульмотоксичность продуктов горения синтетических полимеров // Сибирский научный медицинский журнал. 2018. Т. 38. № 4. С. 114–120.

Trishkin D.V., Chepur S.V., Tolkach P.G. et al. Pulmonotoxicity of combustion products of synthetic polymers // Siberian Scientific Medical Journal. 2018. V. 38. № 4. 2018. P. 114–120 (in Russian).

47. Иличкин В.С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы

определения. СПб.: Химия, 1993. 136 с.

Ilychkin V.S. Toxicity of combustion products of polymeric materials. Principles and methods of determination. Saint Petersburg: Chemistry, 1993. 136 p. (in Russian).

48. Holmes W.W., Keyser B.M., Paradiso D.S. Conceptual approaches for treatment of phosgene inhalation induced lung injury // *Toxicol. Lett.* 2016.

V. 244. P. 8–20.

49. Woolley W.D. Decomposition Products of PVC for Studies of Fires // *Br. Polym. J.* 1971. V. 3. P. 186–193.

50. Xiu Liu, Jianwei Hao, Sabyasachi Gaan. Recent studies on the decomposition and strategies of smoke and toxicity suppression for polyurethane based materials. *RSC Adv.* 2016. V. 6. P. 74742–74756. <https://doi.org/10.1039/C6RA14345H>

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 105005, Российская Федерация, Москва, Бригадирский переулок, д. 13.

Ткачук Юлиан Вячеславович. Заместитель начальника управления, канд. хим. наук.

Шабельников Максим Петрович. Начальник управления, канд. техн. наук.

Терновой Александр Викторович. Начальник отдела, канд. техн. наук.

Ткаченко Сергей Александрович. Начальник отдела, канд. техн. наук.

Савинков Юрий Павлович. Старший научный сотрудник, канд. воен. наук.

Василькова Елена Александровна. Научный сотрудник отдела.

Контактная информация для всех авторов: 27nc_1@mil.ru

Контактное лицо: Ткачук Юлиан Вячеславович; 27nc_1@mil.ru

Potential Danger of Structural, Building and Finish Materials of Objects Examined by Mobile Diagnostic Groups as Part of Chemical Control

J.V. Tkachuk, M.P. Shabelnikov, A.V. Ternovoy,

S.A. Tkachenko, Y.P. Savinkov, E.A. Vasilkova


Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation

Received 7 December 2021. Accepted 20 December 2021.

The implementation of chemical control in closed facilities is the most difficult task of the mobile diagnostic groups (MDG) of the NBC Protection Troops of the Armed Forces of the Russian Federation, designed to perform radiation, chemical and biological control at mass events at national and international levels. Built with the use of modern construction and finish materials, they have their own sources of indoor air pollution. In certain cases, the use of polymer and polymer-containing materials in the construction and decoration of such objects leads to the appearance of contamination zones inside these premises with a high concentration of chemical impurities and their transformation products, which poses a threat to human health and affects the reliability of the results of chemical control. The last factor poses the greatest danger, since, leading to an inadequate reaction of the chemical control equipment, it can mask the appearance of poisonous and / or hazardous substances in the air, nullifying the entire complex of measures to ensure chemical safety. *The aim of the article* is to analyze structural, building and finish materials used in the construction and decoration of facilities that are systematically examined by MDG for the detection of toxic volatile compounds. It is shown in the article, that in the presence of sources of volatile substances, including toxic ones, which can distort the results of chemical control at the surveyed objects, it is necessary to improve the equipment and methodological support of mobile diagnostic groups.

Keywords: indoor air; polluting chemicals; construction, building and finish materials; migration and transformation of chemicals; mobile diagnostic groups; toxic volatile compounds; chemical control.

For citation: Tkachuk J.V., Shabelnikov M.P., Ternovoy A.V., Tkachenko S.A., Savinkov Y.P.,

Vasilkova E.A. *Potential Danger of Structural, Building and Finish Materials of Objects Examined by Mobile Diagnostic Groups as Part of Chemical Control* // *Journal of NBC Protection Corps*. 2021. V. 5. № 4. P. 315–338.  [s://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-4-315-338](https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-4-315-338)

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

References

See P. 333–337.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Brigadirskii Lane 13, Moscow 105005, Russian Federation.

Julian Vyacheslavovich Tkachuk. Deputy Head of the Department. Candidate of Chemical Sciences.

Maxim Petrovich Shabelnikov. Head of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Alexander Viktorovich Ternovoy. Chief of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Sergey Alexandrovich Tkachenko. Chief of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Yuri Pavlovich Savinkov. Senior Researcher. Candidate of Military Sciences.

Elena Alexandrovna Vasilkova. Researcher.

Contact information for all authors: 27nc_1@mil.ru

Contact person: Julian Vyacheslavovich Tkachuk: 27nc_1@mil.ru